R. H. Francé

Das Leben im Ackerboden



Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Franckh'sche Verlagshandlung · Stuttgart

Das Leben im Ackerboden

Das Leben im Ackerboden

Von

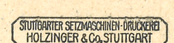
R. H. Francé

*

Mit zahlreichen Abbildungen und einem farbigen Umschlagbild nach Originalzeichnungen des Verfassers



Stuttgart
Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung
1922





I.

Jeden Abend, wenn die Sonne über den afrikanischen Gebirgen niedersank und das Licht sofort in eine graublaue Dämmerung überging, erglänzte im Südost wie ein ungeheurer Amethyst rosenrot der Sinai. Ein wunderbares Leuchten ging von ihm aus, als sollte dadurch verkündet werden, er sei der Berg der Gesetze gewesen. Zwischen ihm und der Küste des Roten Meeres lag ein breiter Streifen der felsigen Wüste, und in ihr gab es eine einzige Quelle: den Mosesbrunnen.

Welch heiliger und uralter Ort ist doch das, dieser Ain Musa! Die Harfen der Längstvergangenheit rauschen auf, wenn man von ihm spricht. Er ist der Ort, von dem die Heilige Schrift erzählt, hier habe Moses Wasser aus dem Felsen geschlagen.

Unbewegt steht die Luft, der Sinai leuchtet lila und schneeweiß auch am Tage durch das Flimmern der Hitze, der gelbe Wüstensand knistert, dort drüben rauscht das Schilfmeer der Bibel. Und um den Mosesbrunnen wiegen noch heute Palmen ihre Kronen. Eine dürftige Oase breitet sich um das lehmgelbe Wasser, ein kleines Hirsefeld grünt, ein uralter Mann mit weißem Bart, ein wahrer Patriarch betreut es und sitzt ruhig und sinnend im Schatten mit vielen, vielen grauen Tauben. Die gurren und fliegen hin und wieder. Sonst aber ist die Stille der Jahrtausende ringsum, die Zeit, die Menschheit ist wie gestorben und die Natur unschuldig wie am ersten Tag.

Der alte Einsiedler lebt von Datteln und Hirsebrot und bestellt sein kleines Feld. Eifrig gräbt er mit einem gebogenen Haken aus Holz darin, der den Pflug vertritt, und sammelt Taubenmist, um zu düngen. Die Tage gehen in unerschütterlichem Gleichmaß, und niemand vermag hier zu sagen, welches Jahrtausend die Menschen schreiben.

Ich habe einen lebenden Prähistoriker gesehen. Sicher haben die toten Vorgeschichtsmenschen, vor deren Gerippen ich einige Monate früher stand, nicht viel anders ausgesehen und nicht anders

gelebt. Im Luxus des weltmännischesten Lebens, das Europa kennt, an der zauberblauen Küste von Monako, in der „Kindergrotte", wo man Skelette von negerähnlichen Menschen fand mit Steinzeitwaffen, Geräten und — einigen verkohlten, gerösteten Getreidekörnern.

Auch die Steinzeitmenschen, die vor, ich weiß nicht wieviel Jahrtausenden in Südeuropa gelebt haben, kannten also schon Getreidebau und lebten wie der Patriarch am Sinai.

Ich sehe sie vor mir. Da sitzt einer von ihnen vor seiner Wohnhöhle, erquickt sich an der Sonnenwärme, die lautlos an den roten Felsen niederrieselt. Die Orgel der Brandung spielt schwermütige und geheimnisvolle Weisen, das große, blaue Himmelszelt ist seidenweich ausgespannt. Da mag er wohl gesonnen haben über das, was kommen wird und über das viele Unfaßbare, das rings um ihn ist. Vor allem über das Allernächste, das große Wunder, das urewige, schon für ihn in schattenhafte Zeiten zurückweichende, allererste und bedeutsamste fürs tägliche Leben: Was ist mein Brot? Woher kommt es? Wie wird mein Brot?

— — — — — — — — — — — — —

Noch heute ist's wie ein Wunder. Ungelöst scheint noch die große Frage. Und neue Arbeit ist am Werke, sie zu lösen. Keine Zeit seit langem hat es so tief wie die unsere empfunden, was das tägliche Brot wert ist, keine hat so danach gerungen, es wieder zu schaffen, zu sichern, es zu mehren. Unsere Zeit schreit nach mehr Brot.

Keine hat mehr Grund gehabt, darüber nachzudenken: Wie kommt die Brotfrucht zustande?

Und doch scheint die Antwort so einfach. Brot wird aus einem kleinen Samenkorn und aus der Erde, in die man es steckt. Nichts anderes scheint nötig zu sein, als immer wieder nur zu säen, um ernten zu können, seit Anbeginn der Tage bis in alle Zukunft. Aber schon der Patriarch am Sinai hat das besser gewußt. Ganz genau weiß er es, daß er auf die Dauer ohne Tauben nicht ernten kann, daß ohne Dünger die Ernte in jedem Sommer geringer wäre, bis eines Tags die Fruchtbarkeit des Bodens erlöschen würde. Warum ist das so? Was ist der Dünger? Warum braucht ihn die Pflanze? Wie vollzieht sich das Unerhörte, daß aus Erde und Mist das tägliche Brot wird? Welcher Zusammenhang kettet uns an das Allzuirdische und Häßliche? Oder ist es gar nicht häßlich? Welches Gesetz waltet da?

Dieses Buch soll die Antwort auf so viele Fragen sein. Und insofern ist es eigentlich ein Buch der Bücher, das jeder gelesen haben muß, denn jeder muß essen. Und daher muß jeder auch wissen, wie das zustande kommt, was er ißt.

*

II.

Ein Gesetz hat man, seitdem Menschen denken, immer nur durch Anschauen erforscht. In unserem Fall heißt das zunächst, man muß die Pflanze anschauen, die das tägliche Brot bereitet, dann die Erde anschauen, die die Pflanze ernährt und zuletzt den Dünger, der der Erde immer wieder neue Nährkraft verleiht.

Deshalb zeige ich zunächst ein Getreidekorn (Abbild. 1) mit dem künstlichen Auge, das vergrößert und daher die wahre Natur und Zusammensetzung der Dinge erkennen läßt.

An diesem aufgeschnittenen Weizenkorn sind die sieben Schichten der Frucht- und Samenschalen sowie der winzige Keimling mit seinem zarten Würzelchen und Sproß und einem Schildchen, jener Bestandteil des Brotmehles, den man am wenigsten schätzt, aber selbst im

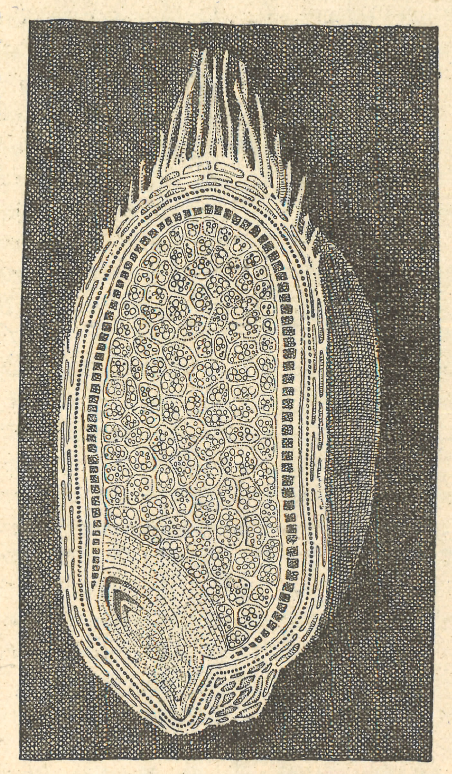


Abb. 1. Idealer Längsschnitt durch ein Weizenkorn. Man erkennt links unten den Embryo mit der Anlage der Blätter und des Würzelchens, sowie dem Sauggewebe, das dem stärkemehlhaltigen Endosperm anliegt. Um dieses dehnt sich die eiweißhaltige Kleberschicht. Außen sind die Samen- und die Fruchthüllen. Schwach vergrößert.

weißesten Mehl nicht ganz vermeiden kann. Der Müller entfernt das alles als Kleie. Ob und was man davon essen soll, ist ein Gegenstand langwieriger Erörterungen zwischen den Ärzten und Naturaposteln, ein Streit, der auch nicht mit einem Satz zu schlichten ist.

Dann sieht man nach innen zu einen schönen Kranz dunkler Kügelchen. Und zu innerst dichtgedrängt, matt schimmernd wie edle Perlen, Körnchen an Körnchen. Das ist es, worum jeder auf seine Weise die Mächte, denen er vertraut, bittet: unser täglich Brot.

Außen die Kleberschicht, gedrängt voll von köstlichem Eiweiß und Fetttröpfchen, innen das Stärkemehl; beides könnte das Menschengeschlecht, könnte die Tierwelt nicht missen.

Alles übrige, was sonst noch als „Nahrung" dient, wiederholt diese erste Formel und wandelt sie höchstens ab. Stärkemehl, Fett und Eiweiß ist alles, woraus wir uns aufbauen und unseres Körpers Kraft, unseres Geistes Fähigkeiten erneuern.

Man ißt Fleisch, Fische, Gemüse, Zucker, Obst, man glaubt hunderterlei verschiedene Köstlichkeiten und Leckerbissen zu verzehren und nimmt immer wieder nur Stärkemehl, Fett und Eiweiß zu sich. Es gibt keine andere Nahrung, ob einer nun Tier- oder Pflanzenkost verzehrt.

Man kann die ganze Welt durchforschen in ihrer übervollen Mannigfaltigkeit, die Fische im Meere fragen und die Vögel in der Luft, die Insekten, die in den Erdlöchern aus- und einkriechen, die Raubtiere, die da lauern, die geheimtuenden Bewohner der Höhlen und die verborgensten Schmarotzer, sie alle müssen auf die Frage: wovon nährt ihr euch? die Antwort geben, daß sie in irgendeiner Beziehung doch von den Pflanzen abhängen. Alles „Fleisch" und Blut auf Erden hat sich nur durch die Aufnahme und Umwandlung von Stoffen gebildet, die Pflanzen aufgenommen haben. Und diese Stoffe gehen immer wieder auf die Dreiheit Stärkemehl, Fett und Eiweiß zurück.

Will man noch tiefer eindringen in das Problem der Nahrung, so muß man den Chemiker fragen. Von ihm weiß man schon seit langem, daß zwei Stoffe, die allenthalben auf Erden gegessen werden, und in der obigen Feststellung zu fehlen scheinen, nämlich der Holzstoff, das, was man, wenn man deutsch spricht, Zellulose zu nennen pflegt, und der Zucker, auch nichts anderes als Erscheinungsformen des Stärkemehls sind, nicht anders wie die

Dampfwolke, das blinkende Naß der Quelle, die Eisblume und der Schneekristall auch nur Erscheinungsformen ein- und desselben Stoffes, nämlich des Wassers sind. In seiner Sprache vermeidet man denn auch die volkstümlichen dreierlei Bezeichnungen, sondern hebt das Einigende hervor, das hinter ihnen steckt; das ist nämlich, daß sie eine Verbindung von Wasser und Kohle, also ein Hydrat der Kohle sind.

Wer auch nur ganz wenige chemische Kenntnisse besitzt, weiß dennoch schon, daß Wasser vom Chemiker durch die Abkürzung H_2O bezeichnet wird, die zugleich ausdrückt, daß sich in dieser Verbindung zwei Einheiten des Elementes Hydrogen, d. i. Wasserstoff, mit einer Einheit Oxygen-Sauerstoff zusammengeschlossen haben. Wenn er also für die Kohlenhydrate die Formel

$$5\,H_2O + 6\,C = C_6H_{10}O_5$$

aufschreibt, so gibt er damit eine abgekürzte Beschreibung ihrer Herstellung, denn es wird damit gesagt, daß man Stärke oder Zucker erzeugen kann, wenn man fünf Teile Wasser mit sechs Teilen reiner Kohle mengt.

Welch wunderbare Wissenschaft diese Chemie doch ist! Wie vereinfacht hat sie eine so lebenswichtige Sache, wie die Herstellung von Mehl oder Zucker! Man braucht nur Wasser mit Kohle zu mischen — aber da stockt man auch schon. Reines Wasser gibt es genug auf Erden, aber wo nimmt man reine Kohle her? Was man gemeinhin Kohle nennt, das ist ein sehr unreines Produkt. Wirklich ungemengter Kohlenstoff findet sich nur als Graphit oder Diamant, und da sieht auf einmal die vorhin so lichte und einfache Angelegenheit dunkel und verworren aus.

Man versuche einmal Graphit mit Wasser zu mengen; es wird ein schwarzer Brei, aber nie und nimmer weißes Mehl oder schimmernder Zucker. Und die Chemie senkt traurig den Blick — die Grenze des Menschenkönnens ist für sie erreicht.

Wir Menschen können Kohlenhydrate nicht „synthetisch" herstellen, d. h. wir können sie nicht aus ihren Bestandteilen aufbauen.

Die Pflanze aber kann es. Deshalb sind die Länder der Menschen allüberall bedeckt mit Pflanzgärten, voll von im Schweiße ihres Angesichtes arbeitenden Bauern und Gärtnern, die Pflanzen bedienen. Warum? Damit diese Kohlenhydrate und Fett und Eiweiß dazu herstellen!

Sie bedient sich dazu einer Maschine, deren Bau wir nicht verstehen, die wir daher nicht nachmachen können. Und sie verwendet dazu eine Kraft, vor der wir staunend stehen, deren Allgewalt wir wohl täglich erleben, die uns aber noch nicht oder kaum gehorcht.

Ihr Apparat heißt Blattgrünkörnchen, ihre Betriebskraft ist das Licht. Wenn man will, könnte man sagen, sie arbeite mit Lichtkraftmaschinen (Abb. 2).

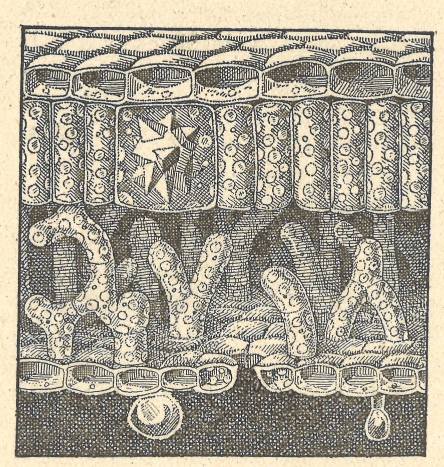


Abb. 2. Rekonstruktion des Innenbaues eines Blattes. Unter der Oberhaut (Epidermis) die Palisadenschicht voll mit Blattgrünkörnchen. Eine Zelle umschließt eine große Kristalldrüse von abgeschiedenen Kalksalzen. Darunter liegt der Hohlraum, in dem die Lichtkraftapparate der assimilierenden Schwammzellen aufgestellt sind. Nach unten wird dieser Raum wieder durch die Haut abgeschlossen, die Drüsenhaare trägt und von einer Spaltöffnung durchbrochen ist. Durch diese dringt Luft und Kohlensäure in den Arbeitsraum. Stark vergrößert. Original des Verfassers.

Oberflächlich betrachtet sieht die Sache nicht allzu geheimnisvoll aus. Die Blattgrünkörner muten äußerlich an wie goldig-grüne Münzen. Je ein paar hundert sind zusammengeschlossen in ein Kämmerchen, viele tausend Zellen in ein Blatt. Die Blätter sitzen zu Dutzenden an den Getreidehalmen, oder sie bilden einen Schopf an der Zuckerrübe. Ist es hell, dann bewirken die blauen und violetten Strahlen des Lichtes in den Blattgrünkörnern eine Umwandlung. Das Blattgrün ist von Wasser durchtränkt und von Luft umgeben. In der Luft ist ständig eine Kohlenstoffverbindung enthalten, die man deshalb Kohlendioxyd nennt (CO_2), weil darin zwei Einheiten Sauerstoff immer an eine Einheit reine Kohle gebunden sind. Unter der Wirkung der Lichtstrahlen zersetzt sich nun das Kohlendioxyd, und das Wasser verbindet sich mit der Kohle. Es entsteht zunächst Zucker, der sich bald in seine „Eisform", nämlich in Stärke umbildet. Man setze eine Zelle mit lebenden Blattgrünkörnchen einige Minuten dem Sonnenlicht aus, und kann dann mit Vergnügen in ihrer Mitte einige neugebildete Stärkekörnchen suchen.

So weit reichen die Kenntnisse von neun unter zehn Naturgebildeten, und sie sind gemeinhin zufrieden damit.

Was wissen sie aber eigentlich damit? Vielleicht kann ich es in einem Gleichnis klarmachen. Sie wissen dann ebensoviel von den wahren Vorgängen wie irgendein Wilder, den man vor eine Zeitungsschnellpresse führt. Da werden die weißen Bogen hineingezogen ins Walzenwerk, und dort fallen die fertigen, gefalteten Zeitungsnummern voll Neuigkeiten heraus.

Will man aber die Maschinerie der Assimilation — wie man diesen Vorgang der Stärkeherstellung genannt hat — näher kennenlernen, so verzweifelt man fast ob ihrer unerhört verwickelten Einrichtung. Wir sind eben nun einmal immer noch die Wilden gegenüber den Ingenieuren der Natur, genannt Pflanze.

Das Blattgrünkorn hat einen ganz bestimmten, höchst zusammengesetzten Bau. Damit beginnt die Reihe unserer Unkenntnisse. Wie will man die Tätigkeit eines Apparates verstehen können, wenn der Apparat unbekannte Teile enthält?

Dann ist im Blattgrünkorn nicht bloß Blattgrün enthalten, sondern auch ein gelbroter Farbstoff und ein braungelber. Außerdem weiß man nicht, was das Blattgrün ist. Die rasch bereite Antwort, es sei eine Eiweißverbindung, hilft da nur wenig. Wohl ist es allerneuestens dem Münchner Chemiker R. Willstätter[1]) gelungen, den chemischen Bau des Blattgrüns aufzuhellen; es hat sich aber dadurch nur mit Sicherheit erwiesen, daß es so ungemein zusammengesetzt sei, daß wir ganz sicher in dem nächsten Menschenalter es nicht aus seinen Bestandteilen werden aufbauen können.

Und außerdem: selbst wenn das gelänge, blieben wir wieder stecken. Denn es hat sich gezeigt, daß Blattgrün allein noch keine Kohlensäurezersetzung hervorbringt. Es gehört wohl dazu, aber es gehört auch noch anderes zur Assimilation. Früher meinte man wohl Licht und Wärme, weil grüne Blätter im Dunkeln nicht assimilieren und auf die Dauer sogar absterben, weil außerdem die Blätter nur bei einer gewissen Temperatur beginnen, tätig zu sein. Aber da hat sich herausgestellt, daß zunächst Zellen auch ohne Blattgrün assimilierten, daß ferner Moose auch im Dunkeln Blattgrün bilden und ganz einfache Pflanzen, die zeitlebens im Dunkeln bleiben, dennoch dauernd assimilieren.[2]) Außerdem kennt man jetzt auch grüne Schmetterlingsraupen und -puppen, die ohne Blattgrün Kohlensäure assimilieren und Kohlenhydrate bilden.

Soll ich daher meine tiefste Überzeugung über die Vorgänge im Blatt aussprechen, so muß ich sagen, daß wir sehr wenig Sicheres davon wissen, noch weniger verstehen, am allerwenigsten imstande sind, die Pflanzen in der Bereitung von Kohlenhydraten zu entbehren.

Es bleibt also zunächst einmal bei der Landwirtschaft und unserer bescheidenen Rolle als Pfleger der Gewächse.

Damit kehren wir zu den Anfangsgründen zurück, von denen wir ausgehen und sind immerhin froh, zu wissen, daß die Getreidepflanze, unser ursprünglichstes Beispiel, zur Herstellung von Mehl nichts braucht, als ihren eigenen Körper, dazu das Kohlendioxyd der Luft und Wasser. Als Nebenprodukt gewinnt sie dabei ziemlich viel Sauerstoff,[3]) den sie natürlich aus ihrem Körper entläßt und der Luft zurückgibt.

Nun zeigt aber der Anblick des Getreidekorns, daß darin auch nicht unerhebliche Mengen von Fett (in gewissen Samen, man denke an Lein oder Hanf, sogar sehr viel) und Eiweiß (man denke an Bohnen) gespeichert sind. Woher hat die die Pflanze genommen?

Man wird sich davon ein Bild nur dann machen können, wenn man weiß, aus welchen Stoffen sich Fett und Eiweiß aufbauen. Da muß wieder der Chemiker befragt werden. Über das Fett beruhigt er bald; er verweist auf Pflanzen, die als erstes Assimilationsprodukt auch fettes Öl herstellen. Aber das Eiweiß, das kann schon nicht mehr aus der Luft allein gewonnen werden.

$$C_{758}\ H_{1203}\ N_{195}\ O_{218}\ FeS_3.$$

So lautet eine der geheimnisvollen Formeln, wie sie z. B. die Zusammensetzung des Bluteiweißes wiedergeben. Die altbekannten Elemente Carbon (Kohle), Hydrogen (Wasserstoff) und Oxygen (Sauerstoff) sind wohl darin, aber dazu auch Nitrogen (Stickstoff), Eisen (Ferrum) und Schwefel (Sulphur).

Auch im Eiweiß des Blattgrüns selbst ist Stickstoff und Schwefel, dazu noch ganz unentbehrlich Magnesium, Kali, Phosphor und Kalk mit eingebaut. Auf einmal tun sich neue Tore auf, rasch drängt sich Erkenntnis an Erkenntnis, und man sieht ein, warum die Pflanze auch Erde braucht, nicht nur Licht, Luft und Wasser.

Aus der Erde holt sie sich die Elemente, die sie zum Aufbau ihres Körpers, zur Herstellung von Eiweiß bedarf. Deshalb hat sie nicht bloß Blätter, sondern auch Wurzeln.

Es ist ein großer Genuß, die Pflanze so aus dem Verständnis ihrer Bedürfnisse aufzubauen.

Würde sie zum Leben bloß Kohlenhydrate brauchen, so könnte man sich sehr wohl Pflanzen vorstellen, die nur in der Luft schwebende Blätter sind. Das bißchen Feuchtigkeit, dessen sie bedürfen, würde ihnen Nebel und Regen leicht gewähren. Aber weil sie noch mehr heischen, als die Luft allein bieten kann, so sind sie an den Boden festgewurzelt.

Aus ihrer Lebensweise erklärt sich ihre Gestaltung und ihre stille, bescheidene, an den Ort gebundene Artung, das Erdgebundene ihrer Erscheinung. Vieles und Tiefverborgenes ist darin beschlossen. Weil wir Menschen ohne Pflanzen kein täglich Brot hätten, sind wir zum Ackerbauer und seßhaften Bürger geworden. Weil aber die Pflanze nicht ohne den Boden ihr eigen täglich Brot erwerben könnte, haftet sie fest an dem Stück Erde, von dem sie einmal Besitz ergriffen hat und zwingt auch uns zu dem gleichen. Ohne Pflanzen wären wir Nomaden. Eigentlich verschafft also sie uns den Begriff der Heimat und des Vaterlandes; sie brachte in unser Leben das ganze Füllhorn edler und stiller Gewalten, die den Menschen an das süße Wort Heimat fesseln und die dem Nomaden unbekannt sind. So hängen an den Lebensgesetzen letzten Endes auch noch die fernsten und feinsten Ideen der menschlichen Kultur, eine Mahnung, niemals den festen Boden des Irdischen zu verlieren, aus dem wir so entwachsen sind. Erdgebundensein, ein Wort, das himmelstürmende Geister so oft mit Zähneknirschen und ohnmächtig geballter Faust aussprachen, ist in diesem Sinn auf einmal wundersam einschmeichelnd und gibt Beruhigung und Festigkeit. Wir sind nun einmal in der Welt, wir werden nie mehr wieder aus ihr herausfallen.

Zu den Gesetzen dieser Welt aber gehört es, daß nicht nur wir untrennbar an das Leben der Pflanzen gebunden sind, sondern diese auch an die Gesetze des Erdbodens.

Da ist plötzlich ein unmittelbarer und tiefinnerlicher Zusammenhang aufgetan zwischen Mensch und dem Bau des Bodens, den keiner der Vielen, denen diese Zeilen vor Augen kommen, leugnen kann, wenn auch kaum einer von ihnen an diesen Zusammenhang gedacht haben mag.

*

III.

Es muß also jedermann, will er sich über das, wovon das Dasein der Menschen wirklich abhängt, im klaren sein, den „Bau des Bodens“, auf dem und von dem er lebt, näher kennen.

Was weiß man im allgemeinen davon? Man prüfe sich selbst, und man wird wahrscheinlich erschrecken, wie wenig man von den Dingen der Natur, von denen unser Dasein abhängt, in Wirklichkeit weiß.

Da denkt man zunächst gewöhnlich gar nicht daran, daß die Erde ein Kristallklotz ist, wenigstens in ihrer äußeren Rinde. Wenn man den sehr artigen Vergleich gebraucht hat, sie als einen Apfel hinzustellen, dessen Schale die Gesteinsrinde ist, während sein Fleisch dem unbekannten Erdkern entspricht, so leidet dieser Vergleich nur daran, daß er die Verhältnisse übertreibt. Gegenüber der Größe der Erde ist die „Apfelschale“ viel zu dick angenommen; das „Häutchen“ kristallinisch erstarrter Gesteine an ihrer Oberfläche ist im Verhältnis geradezu unbedeutend. Und auf diesem Häutchen ist ganz außen eine im Vergleich gar nicht darstellbar dünne Staubschicht. Sie entspricht dem zur fruchtbaren Erde verwitterten Teil der Gesteinsrinde.

Man mag graben, wo man will: nach einigem Mühen kommt man mit Spaten und Schaufel nicht mehr weiter. Fester Fels ist erreicht. Oft schon einige Meter unter der Pflanzendecke, manchmal, so in Flußtälern, erst in mehreren hundert Meter Tiefe. Zu unseren Füßen liegen überall Kristalle; da jenes Gemenge, das man Granit nennt, dort weißer Kalk, dem man so ohne weiteres das kristallinische Gefüge gar nicht ansieht. Da wieder vulkanische Gesteine oder Schiefer, stets aber eine Schicht, die weder das Wasser durchläßt, noch den Pflanzenwurzeln gestatten würde, in sie einzudringen.[4])

Deshalb vereinigen sich auch alle durch die fruchtbare „Dammerde“ gesickerten Regenwässer an der oberen Grenze dieser hemmenden Schicht zu einem unterirdischen See oder auch Fluß, wenn die Oberfläche der Gesteine geneigt ist. Tief unten strömen diese dunklen Wässer dahin, manchmal nur wenige Handtief unter unserem Fuß, und dann finden wir den Ort sumpfig. Wir sagen: hier ist es moorig, hier ist eine feuchte Wiese, dort gleißt ein Sumpf oder gar

der Spiegel eines Sees, der sein Dasein zwischen Hügelketten dem zutage getretenen Grundwasser verdankt.

Der Landwirt hat die besten und feinsinnigsten Kenntnisse über dieses Grundwasser. Den Grundwasserspiegel sucht er, wenn er einen Brunnen gräbt; nach seiner Tiefe bemißt er unter anderen Eigenschaften auch den Wert seiner Grundstücke. Dieses Stück trockener Hutweide mißachtet er; es wird immer dürr sein, denn es besteht im Untergrund aus wenig Dammerde, aber viel wasserdurchlässigem Kies. Aber jene fetten Äcker stehen hoch im Preise; ihr Boden ist gerade genügend durchfeuchtet, wie es der Wunsch

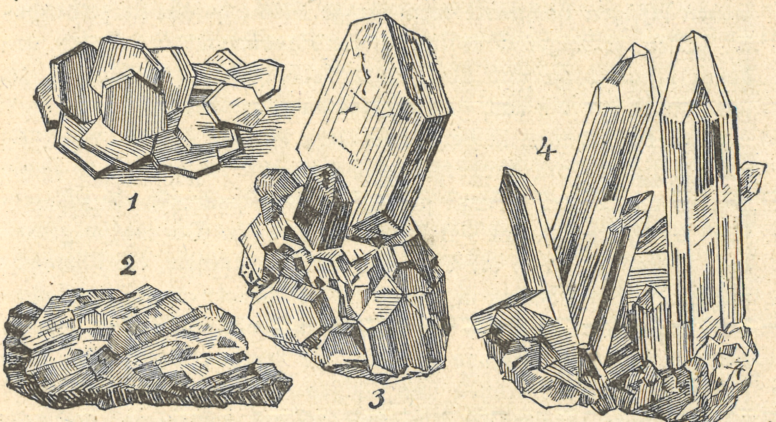


Abb. 3. Die mineralischen Hauptbestandteile des Ackerbodens. 1 Glimmerkristalle; 2 Olivinkristalle; 3 Kristalle des Feldspates; 4 Quarzkristalle. Alles vergrößert.

nach reichen Ernten fordert. Auf jenen fernen Wiesen, die so saftig und dunkelgrün erscheinen, liegt schon im Spätsommer abends der erste Nebel. Sie sind mit sauren Gräsern bewachsen; das Grundwasser steht dort hoch, sie sind kalt und feucht das ganze Jahr.

Die ganz dünne Decke zwischen dem Grundwasserspiegel und dem grünen Pflanzenkleid, das ist der Reichtum eines Landes. Davon, wie sie beschaffen ist, hängt der Wohlstand, der Entscheid, ob Agrar- oder Industriestaat, die Zivilisation der Bevölkerung, die ganze Art ihrer Kultur ab.

Wie kommt diese Decke zustande? Natürlich durch die Verwitterung, sagt freudig der Leser.

Aber was ist die Verwitterung?

Da stocken auch die Kenntnisreichen, denn das ist ein ungemein

schwieriges Thema und selbst von der Wissenschaft noch nicht in allen Einzelheiten durchschaut.

Im Gebirge hat man es leicht, sich von dem Vorhandensein und den äußeren Vorgängen der Verwitterung zu überzeugen. Wer jemals eine wirkliche Hochtour unternommen hat, der stand sicher auch schon auf einem zerscharteten Grat, wo der Kalk oder das Urgestein des Berges schließlich fast bretterdünn auslief. Da mag es ihm vorgekommen sein, daß der scheinbar eisenharte Fels, wenn er sich an ihm anhalten wollte, spröde zersplitterte, mulmig weich und staubig auseinander stob. Mit jedem Tritt wirft man auf einer solchen luftigen Hochwarte mannsgroße Blöcke herab; sie zerbrechen im Fallen, brüchiger Grus fegt in die blaudämmernden Tiefen, aus denen lange weiße und übergrünte Geröllhalden heraufspitzen, als seien sie Arme, die nach dem Steiger da oben langen.

Die Ausdehnung in der Sonnenhitze und die Zusammenziehung im nächtlichen Frost durchsetzt das Gestein mit Rissen; das in ihnen gefrierende Wasser zerreißt sie, daß es manchmal wie ein Pistolenschuß durch die Einöden des Hochgebirges hallt. Das morsch gewordene Gestein stürzt in die Tiefe, die kleinen Rinnsale, die Wildbäche tragen die Schutthalden in die Täler: sie scheuern die eckigen Trümmer zu runden Kieseln; ihr kohlensäurehältiges Wasser löst sie chemisch, daß das Gefüge zerfällt, die feinsten Splitterchen und Körnchen, Kristallplättchen und eckigen Körner werden als Sand und Schlamm abgesetzt im Unterlauf der aus den Bergen kommenden Ströme. Durch Verwitterung und Erosion erniedrigen sich die Berge so schnell, daß man berechnet hat, daß die Alpen binnen 20000 Jahren dadurch rund tausend Meter von ihrer Höhe verlieren und binnen hunderttausend Jahren aufgelöst und vertragen sein müßten zwischen dem Mittelmeer und der Nordsee, zwischen dem Orient und Frankreich in Gestalt von Sand und feinem, fruchtbarem Schlamm.

Das alles ist oft gesagt und gemeinbekannt, und somit scheint das Problem der Bodenbildung restlos durchschaut. Denn es bereitet keine Schwierigkeiten, sich vorzustellen, daß auch die heutigen Ebenen auseinander gefallene und vertragene Gebirge von einst sind. Aus hundert Anzeichen wissen wir, daß quer durch Mitteldeutschland einst ein Hochgebirge lief, noch höher und gewaltiger als die Alpen, daß in Rußlands Herz, dort, wo heute Steppeneinsamkeit sonnig brütet, Berge von vielen tausend Metern Höhe standen. Wo

sind sie? Abgetragen, von vielen seither verebbten Strömen verschleppt, und ausgebreitet ist ihr Gestein, als Sandkörnchen und Staub fliegt es im Winde. Und alles deutet darauf hin, daß auch noch vor den Zeiten dieser „Steinkohlenalpen", wie man dieses verschollene deutsche Hochgebirge genannt hat, Berge standen und vergingen.

Darf man also annehmen, daß die gesamte Verwitterungsrinde der Erde der Schutt einstiger Gebirge sei, der unbeschreiblich bunte Schicksale erlebt hat, Hochzinne war und Felsblock in der Tiefe, Geröll und Sand am Flußufer und dann Meeresschlick und Düne und Wüstensand, als auch das Meer verging und wieder Sandstein und neuerdings Staub und Erde, als auch das neue Gebirge zerfiel!

Aber auch abgesehen von der Gebirgsverwitterung, bleibt selbst der harte Erdkern, der noch nie das Licht erblickte, nicht unzersetzt. Das Grundwasser zernagt seine Oberfläche. Je reicher es an Kohlensäure ist, desto mehr vermag es von den chemischen Bestandteilen des Gesteins aufzunehmen. Das ist nicht bloße Annahme, sondern tägliche Erfahrungstatsache. Denn jedes Brunnenwasser, jede Quelle (sie ist doch nichts anderes als zutage getretenes Grundwasser) enthält reichlich mineralische Bestandteile. Sie machen das Wasser erquickend und wohlschmeckend. Man überzeuge sich davon und koste chemisch gereinigtes, nämlich destilliertes Wasser; man wird es abscheulich finden.

Eine langsame Zersetzung zermürbt das Gestein auch unter dem Boden; es bereichert zu mindestens die „Bodenlösung" in einer für Pflanze und Mensch unentbehrlichen Weise.

Aber damit ist noch in keiner Art erklärt, wie der Boden zustande kommt, noch weniger, wie sich sein ganz bestimmter Bau bildet. Was wir da zu unseren Füßen sehen, ist nur selten ein mineralisches Gebilde; nur in reinen Wüsten, in unserer Heimat da und dort auf märkischem oder frankischem Sand glitzert Quarz und Glimmer darin, und gerade diese Stellen sind nur kümmerlich oder gar nicht bewachsen. Unter fruchtbarer Erde versteht man immer nur jene so wohlvertraute, dunkle, würzig duftende, braune oder fast schwarze Masse, in der Sand und Glimmer nur ab und zu aufleuchten und größere Geröllstücke gerade nur eingesprengt sind. Zum Begriff des fruchtbaren Bodens gehört unzertrennlich der des Humus, und damit ist eine neue Frage emporgetürmt: Was ist Humus und wie entsteht er?

Leicht ist auch hier wieder die erste Antwort gegeben: Humus

sei das Endprodukt von verwesenden und faulenden organischen Stoffen. Aber unendlich schwer ist es, dieser Antwort die letzten inneren sicheren Bestimmtheiten zu verleihen. Noch schwerer, sich in seinem Empfinden und Lebensgefühl die wahre Bedeutung der Humusbildung klarzumachen.

Die trockene, von praktischen Beweggründen geleitete, rein verstandesmäßige Denkungsart, an die ich mich bisher wandte, um für meinen Gegenstand geneigte Ohren zu finden, wird von dieser Frage an auf einmal belebt, da sich auch Herz und Gefühl einmischen und zuhören.

Schlummern doch in dem Wörtlein: Humifikation auch Entscheide über Menschenglück und -leid; ein dunkler Schrecken steigt auf, die bange Frage: was wird aus uns nach dem Tode? klingt an. Die grausenerregende letzte Beziehung zu Mutter Erde, daß wir alle einmal da hinabmüssen in das Dunkel, zwingt jeden, der sein Leben nicht ganz gedankenlos führt, daß er sich Klarheit verschaffe, was denn eigentlich das zusammengefaßte Wissen aller Zeiten und Menschen — Wissenschaft ist doch nichts anderes — sich für ein Bild macht von dem Zustand nach dem Tode.

Daß der Menschenleib darin kein anderes Schicksal erleidet, wie der jedes gestorbenen Tieres oder jeder Pflanze, aus dem das Leben entflohen ist, liegt auf der Hand und wird auch von niemanden bestritten. Daß aber mit dem Verstorbenen etwas geradezu Schreckenerregendes vor sich geht, das ahnt dumpf auch der Unwissendste. Es hat sich sogar im Laufe der besonderen naturfremden Geistigkeit, die sich herausgebildet hat, der eigentümliche Zustand eingestellt, daß die Unbildung sich von dem Zustand nach dem Tode weit übertriebenere Vorstellungen macht als die Naturgebildeten. Es ist da ein Schreck- und Zerrbild entstanden, das ganz sicher wesentlich zu der nervenschwachen und feigen Stellung beiträgt, die so viele Menschen gegenüber dem Gedanken an den Tod einnehmen.

Gelegentliche Gerüchte von Ausgrabungen, der Anblick einer Wasserleiche oder eines schon vor Wochen im Gebirge Abgestürzten, haben die Farben zu dem Bild des Grauens gemischt, das fast jeder vor sich aufsteigen sieht, wenn er daran denkt, auch du liegst einst unten in dieser entsetzensvollen kalten Erde. Wer will es leugnen, daß die ganze Feuerbestattungs-Bewegung nur durch den Abscheu vor den Bildern der Verwesung entstanden ist und aufrechterhalten wird, abgesehen von einigen, angesichts der Würde des Gegen-

standes eigentlich sehr nüchternen, praktischen Erwägungen über Kosten und Gemeindepolitik? Es erscheint so schön, geradezu dichterisch, sich zu sagen: wenn ich ausgelebt habe, will ich, daß der irdische Rest, der nach mir bleibt, den reinen Flammen übergeben werde, wiedergegeben dem unschuldigen All, der klaren Luft, den ewigen Kräften, die die Welt erhalten.

Und trotzdem — wer da wirklich um die Gesetze des Geschehens weiß, dem ist die Erdbestattung kein schrecklicher, nicht einmal ein unästhetischer Gedanke mehr, sondern nur die Einordnung in einen schönen und sinnvollen Kreislauf voll Gesetzlichkeit und einer tiefsinnigen Auferstehungshoffnung.

Man erlaube mir, es zu erzählen, was vor sich geht, wenn aus einem Toten Humus und fruchtbares Leben wird, und prüfe erst dann sein Urteil in dieser letzten und ernstesten aller Lebensfragen nach.

Nehmen wir die natürlichsten aller Verhältnisse, das bedeutungslose Ereignis, das sich jede Minute irgendwo in Au und Feld ereignet: Ein kleines Tierchen, ein Käfer oder ein Würmchen zuckt zum letztenmal im erlöschenden Krampf des Lebens. Dann erstarrt es, und das Sinnvolle seines ganzen Innen- und äußeren Lebens stockt plötzlich. Nicht das Geschehen, denn das geht ohne Unterlaß fort, sondern jene Regelung des Geschehens, die immer Nutzen für den anstrebte, von dem es ausging.

Was ist nun das erste, was nach dem Tode geschieht? Eine Reihe von chemischen Veränderungen. Das Eiweiß gerinnt; sein Bau bleibt zunächst so, wie es ist, während es sich im Lebensprozeß, stets zerfallend, auch stets aufs neue aufbaut. Die ersten wesentlichen Änderungen gehen von außen aus. Alle Lebenden sind stets umhüllt von einer Wolke von Spaltpilzen; jeder „Saft" ihres Körpers ist belebt von diesen winzigen Kügelchen, Stäbchen und Schräubchen. Diese sondern Stoffe ab, um das Eiweiß chemisch zu zerlösen; das lebende Eiweiß arbeitet dem aber mit Gegenstoffen entgegen und erreicht auch, daß es in seinem Bestand unangetastet bleibt. Das tote Eiweiß kann das nicht, und nun gelangen die Spaltpilze an ihr Ziel. Das Eiweiß wird zunächst verflüssigt; aus seinem chemischen Bau wird Stickstoff herausgenommen und von den Bakterien verzehrt. Übrig bleibt eine vereinfachte chemische Verbindung, die natürlich auch einen anderen Anblick bietet als lebendes Eiweiß.

War durch die Gerinnung die Leichenstarre eingetreten, so wird jetzt das feste Gefüge weich, da und dort verflüssigt es sich und

nimmt andere Farben an als im Leben. Dem Unwissenden ist das schrecklich, dem Wissenden nur natürlich.

Es ist gar kein anderer Vorgang, als wenn irgendeine Beere, die von ihrem Busch abgefallen ist, verwest. Auch sie ändert dann die Farbe, wird weich, ein Teil ihres Inhaltes wird flüssig, ihr chemisch hochwertiges Eiweiß wird abgebaut. In der gleichen Weise, wie wir es schon bei der Zerspaltung des Kohlendioxyds der Luft im Blatt beobachtet haben, werden auch jetzt Gase frei, u. a. der unangenehm riechende Schwefelwasserstoff. Das ist übrigens Auffassungssache; eine Leiche ist für eine Fliege offenbar eine entzückende Vorstellung. Denn von allen Seiten eilen sie herbei, wenn irgendwo ein Leichnam liegt (Abb. 4). Die schönen Goldfliegen, die vielleicht die schönste Metallfarbe besitzen, die in Natur und Kultur nur erzeugt wird, lassen sich darauf nieder, ebenso die häßlichen grauen Fleischfliegen, die man leicht an der Tigerstreifung ihres Rückens erkennt, die stahlblaue Schmeißfliege brummt herbei, die braune Pferdebiesfliege, die schönen Totengräberkäfer, die mit ihrem roten und schwarzbebänderten Rückenschild und die ganz schwarzen kriechen heran, trübe glotzende, schwarzlackierte Aaskäfer und die graue Silpha finden sich ein, viele Stutzflügler, Ameisen, braune Larven und helle Maden zwängen sich durch enge Erdgänge, bis sie den Ort ihrer Sehnsucht finden.

Mit vielstimmiger Totenmusik wird jede Leiche in der Natur zu Grabe getragen; man summt, schnarrt, piepst dazu in allen Tonarten. Alles arbeitet mit dem heiligen Eifer, der die Arbeit aller Tiere kennzeichnet. Und den vereinten Bemühungen vieler Tage gelingt das Unglaubliche: jeder Leichnam wird schließlich zugedeckt und eingegraben.

Die Totengräber holen sich ihren Lohn während der Arbeit. Die einen schaffen aus Mutterliebe. Sie bemühen sich, um ihre Eier in dem nutzlos gewordenen Lebensrest abzulegen, und die alsbald erscheinenden Larven reißen dann Stückchen um Stückchen auseinander, um sich daran zu sättigen. So handeln die Fliegen; die Speckkäfer, Ameisen und Aaskäfer aller Arten nähren sich selbst davon, sorgen aber auch noch für ihre Brut. Die Totengräber vereinigen sich zu ganzen Schipperkolonnen. Ihre mittleren und hinteren Beinpaare sind besonders stark und als Grabbeine ausgebildet. Die Käfer kriechen unter den Leichnam und scharren die Erde aus; sie graben Millimeter um Millimeter ein regelrechtes Grab, in das

der Tote hineinsinkt. Dann kommen die Totengräberfrauen und versorgen ihre Nachkommenschaft darin.

Jedes Tier wird auf diese Weise begraben, jeder Vogel, jeder Maulwurf; die Hasen und Mäuse, die Insekten und Würmer verschwinden auf die gleiche Weise. Soweit nicht die großen Aasfresser (die Krähen und anderen Vögel) sich an den Mahlzeiten beteiligen, sind täglich und stündlich in der guten Jahreszeit die Chöre der Totengräber an der Arbeit, und überall, in jeder verborgenen Hecke, in jedem stillen Waldwinkel findet der düstere Vorgang statt, den die Unbegreiflichkeit des Lebens in einen Festschmaus mit nachfolgender Hochzeit zu wandeln weiß.[5])



Abb. 4. Totengräber der Natur bei der Arbeit. Auf der Leiche eines schon halbverscharrten Vögelchens arbeiten der gewöhnliche und der große schwarze Totengräber (Necrophorus germanicus). Neben diesem sitzt ein Speckkäfer (Dermestes lardarius). Daneben eine Schmeißfliege (Calliphora), drüber ein schwarzer Aaskäfer (Silpha atrata). Auf dem Auge sitzt die Fliege Lucilia caesar. Von rechts eilt eine Stutzflüglerlarve (Staphylinus) herbei. Im Vordergrund von links nach rechts nähern sich ein Aaskäfer (Silpha obscura), die Larve von Necrodes littoralis, die graue Fleischfliege (Sarcophaga) und der Moderkäfer Ocypus oleus.

(Nach einem Präparat im Ornitholog. Institut zu Hellbrunn bei Salzburg gezeichnet.)

Wie immer in den Wirklichkeiten des Seins wird aus vielen Kleinen ein Großes: auf diese Weise wird der Tod ein für allemal überwunden; er wird zurückgebogen in den Kreislauf des Lebens, und die Erde, sonst ein Leichenfeld gräßlichster Art, bleibt rein, keusch, frisch und appetitlich, als gebe es keine so dunklen Worte wie Sterben und Vergehen.

In Wirklichkeit ist freilich das, was ich mich bemühte, in einigen besonders ausgewählten Charaktererscheinungen glaubhaft zu machen, ein viel verworrener und reichhaltiger Vorgang. So unglaublich es auch klingt: eine so überaus wichtige Naturtatsache ist nicht einmal noch genau erforscht! Man kennt noch nicht sämtliche Mitglieder der freiwilligen Totengräberkolonne in der Natur, namentlich nicht die kleineren und unscheinbaren, die aber keineswegs weniger Bedeutung besitzen, da sie eben durch die Zahl wettmachen, was ihnen an imponierender Erscheinung des einzelnen fehlt.

Da sind vor allem die Spaltpilze, die den ganzen Fäulnisvorgang bis an sein Ende begleiten und regeln. Es gibt viel mehr Arten von Fäulnisbakterien, als man bis jetzt beschrieben hat. Jedes Stadium der Zersetzung hat unter ihnen seine Spezialisten. Mit ihnen im Bunde sind gewisse Schimmelpilze, die sich an dem letzten Zeremoniell beteiligen. Unendlich wichtig ist die Insektenwelt. Tausende von verschiedenen Tierarten sind an dem großen Werk beteiligt, dem sinkenden Rad des Lebens wieder zu neuem Aufsteigen zu verhelfen. Eine unermeßliche Schar von Maden und Larven, ein Heer von geisterbleichen Gestalten, so gar nicht unähnlich denen, wie sie sich die Alten als Lamien und Empusen vorstellten, arbeitet daran unterirdisch Tag und Nacht, und an dem Werk sind auch noch Springschwänze, Asseln und Tausendfüßler mittätig.

Anders und doch wieder nach gleichem Gesetz vollzieht sich das Begräbnis der gestorbenen Pflanzen. Sie werden nicht von den Totengräbern beerdigt, sondern verwesen oberirdisch. Ihr Grab ist der nagende Kiefer und der Pilzfaden. Freilich verrichten auch an ihnen die Fäulnisspaltpilze ihr lösendes Werk, aber bald werden sie verdrängt von dem Millionenheer hungriger Insekten, die darauf warten, daß auch die Pflanzen der Vergänglichkeit ihren Tribut zollen.

Die Borkenkäfer sind in dieser Armee nur die bekanntesten, nicht aber die wichtigsten. Die Naturgeschichte der Holznager und Mulmverzehrer umfaßte einen vielen tausend Seiten dicken Atlas der Abbildungen, und die wunderbarsten Geschöpfe wären darin, wie der Nashornkäfer und seine Larve, die Larven der Aaskäfer, die Mehlwürmer, die Larven des Käfers Tenebrio sind, dazu die „Holzwürmer", die zu den Riesenwespen gehören, eine Fülle kleiner und kleinster Käfer, unter denen wahrhaft mikroskopische Zwerge sind, Ameisen und Milben, alles zusammengenommen, eine Welt, deren Grenzen noch gar nicht ermessen werden können.

Was da hüpft und rennt und aus- und einschlüpft am Waldboden, bunt gekleidet oder in dunklem Habit, glänzend wie eitel Stahl und Kupfer, die unnennbare Fülle von Milbchen, Asseln, Käferchen, Larven, Springschwänzen und Kollembolen, das alles raspelt, beißt, saugt, zerkleinert rastlos auch Pflanzenblätter und Holz.

Zu ihnen gehört ein zweites, dickleibiges Album der Pilze,

das womöglich noch phantastischer und ganz sicher noch unbekannter ist, als das der Kleintiere (vgl. Abb. 5).

Jeden Herbst sendet der Wald eine neue dichte Blattlage wieder auf die Laubdecke an seinem Boden; in jedem Winter wächst die Schicht der vermodernden Pflanzen auf dem Untergrund der Wiesen, aus dem in jedem Lenz das frische Grün des neuen Rasens und die



Abb. 5. Verwesungspilze des Waldbodens auf faulenden Blättern. Rechts unten wuchern Conidien der Insektenleichen verzehrenden Cordicepspilze, links unten Mycel und Sporenköpfchen des Schimmelpilzes Haptotrichum. Im Mittelgrunde stehen die großen pinselartigen Sporenköpfchen des auf moderndem Holz lebenden goldgelben Pinselschimmels (Penicillium aureum). Der bischofstabartig eingerollte Schimmel ist ein Aeliomyces. Im Hintergrund sieht man Früchte von Nectria. Stark vergrößert. Originalzeichnung.

Buntheit des Blumenteppichs bricht. Man mache sich die geringe Mühe, in dieser Laub- und Moderdecke zu graben, und man gerät in Welten, von deren Dasein man keine Ahnung hatte. An den gebräunten und schwarzgewordenen Blättern sitzen auch hier die Spaltpilze, die „chemisch nagen"; darunter sind welche von so stürmischem Atmungsstoffwechsel, daß sie leises Glimmlicht aussenden. H. Molisch hat als erster darauf hingewiesen, welch allgemeine

Verbreitung die Leuchtbakterien im Bodenmulm namentlich der Buchenwälder besitzen; jede Nacht ist da eine Handtief unter den Füßen der Wanderer eine zwecklose heimliche Illumination, an der sich mancher Pilzfaden mit stärkerem Phosphorglanz beteiligt. Auffälliger als das sind aber die schneeweißen Spinnweben, mit denen Schimmelpilze, vor allem der Köpfchen- und der Pinselschimmel Blatt um Blatt verbinden, und noch tiefer sitzen die dicken wolligen, schokoladebraunen Rasen des Humuspilzes; so könnte man wohl zu deutsch den Pilz Cladosporium nennen, der mit tausend Fäden an Tannennadeln, Zweigen und Blättern wächst und sie zerlöst.

Was noch an der Oberfläche liegt oder dürr und abgestorben noch an den Bäumen sitzt, das wird zur Beute der Kleinpilze (Abb. 5), für deren Besonderheit und abenteuerliche Schönheit man wahrlich nicht Worte genug finden kann. Solches muß man sehen und zeichnen, beschreiben kann man es gar nicht.

Die Gattungen Nectria, Phoma, Sphaeria, Phyllosticta sind Sammelnamen für viele hundert der merkwürdigsten Lebensformen, deren Dasein sich immer nur in zwei Akten abspielt. Der erste langwährende hat nur einen Vertreter und eine einzige Geste: ein glasklarer zarter Pilzfaden wächst still, aber beharrlich an den faulenden Blättern und Ästchen dahin, wie ich es auf Abb. 5 gezeichnet habe, und dringt da und dort ein in die abgestorbenen Gewebe. Wie ein Gespenst in den leeren Sälen eines Schlosses schleicht er von Kammer zu Kammer. Überall saugt er ein wenig, zerlöst er etwas und nährt dadurch das ganze Fadengespinst, das der Botaniker ein Myzel nennt. An den Myzelien erscheinen da und dort kleine, eiförmige oder kugelige Auswüchse. Sie fallen ab und bilden neue Fäden. So vermehren sich diese einfachen Verwesungspilze ins Unbeschreibliche. In dieser Form heißen sie Schimmel, und es gibt graue, schneeweiße, rosenrote, safrangelbe, goldbraune, schwarze Schimmel auf allem, was da verwest. Wären diese Schimmel baumhoch, dann wäre ein Spaziergang im Schimmelpilzwald ein Märchenerlebnis sondergleichen. Da nicken merkwürdige Palmen, deren Stamm einen Schopf von Perlenschnüren entsendet, ein Dickicht des Syzigytes-Schimmel sieht aus wie ein vollendetes Meisterwerk der Kunstschlosserei, schönste Schlüssel mit abenteuerlichen Bärten sind da reizend verschlungen; ganzen Sträußen von schönen glaszarten Blümchen sieht das

Botryosporium ähnlich, die Koremien stellen entzückende Wedelchen auf, die von einer anmutigen Vase niederwallen; kurz, was des Dichters und Malers Phantasie nur ersinnen mag, das ist in der Kleinnatur auf vermodernden Blättern, auf Humusboden und morschenden Ästchen verwirklicht.

Wer sich nicht künstlicher Hilfsmittel bedient, erblickt von dieser Welt freilich nur rußige oder graue und weiße Überzüge und Anflüge, und da und dort ein kleines helles oder schwarzes Kügelchen, das sich unter dem Mikroskop dann so entzückend auflöst zum Fruchtkörper eines Pilzes, wie es vorstehend abgebildet ist.

Diese Fruchtbildungen sind der zweite Akt im Leben der Verwesungspilze. Ein merkwürdiger Vorgang, durch den sich wieder nichts als Abschnürungen, sog. Sporen bilden, in denen die Fähigkeit niedergelegt ist, das ganze Wunderwerk zu erneuern.

Ein Lüftchen raschelt im dürren Laub; da fliegen auch schon Millionen solcher Sporen davon, und neue Massen von vorübergelebtem Leben werden besiedelt von dem winzigen Heer.

Es gibt Gelehrte, die ihr ganzes Leben der Unterscheidung und dem Studium dieser winzigen Dinge widmen; sie haben beschrieben 500 Arten von der Gattung Mycosphaerella und 400 von Diaporta und 200 von Xylaria und 6000 von der einen Gruppe der Sphaeriales. Der gemeinste aller grünbraunen Schimmel in der freien Natur, der Cladosporiumpilz hat allein 160 verschiedene Arten.

Der Denker steht im Innersten ergriffen vor dieser aus dem Tode erwachsenden Lebensfülle. Ihm ist, als sei er in solchem Augenblick dem Herzen der Welt näher denn sonst. Welch wunderbares, unbegreiflich hohes Ding muß doch die Welt sein, wenn sie sich schon solchen Reichtums und derartiger Schönheit bedient, um eine so häßliche und an sich banale Tatsache, wie den Zerfall toten Laubes zu bewirken! Wenn schon ein geringer Winkel voll häßlicher Abfälle so reich ist, was mag da das ganze Universum erst bedeuten und in sich bergen an Köstlichkeiten, von denen der Menschenkopf noch gar nichts ahnt . . . .

Das Ergebnis so vieler zusammenwirkender großer und kleiner Lebewesen ist, daß die Leichen verschwinden. Sie verwandeln sich in Gase, die sich im Luftmeer auflösen, in Wasser, das in den großen Kreislauf alles Wassers rinnt, in Aschenbestandteile, die ruhig im

Boden schlummern, gleichwie die schwarze Kohle, die von den Pflanzen übrig bleibt; und in eine dunkle, braune Masse, eben den Humus, der sich in jedem Boden findet.

Fragt man den Chemiker, was dieser Humus sei, so sagt er, er habe darin Zellulose gefunden, viel Stickstoffverbindungen, eine Reihe organischer Säuren wie Buttersäure, Baldriansäure, Propionsäure, Leuzin, dazu bestimmte, nur hier vorkommende braune und schwarze Stoffe. Die braunen nennt er Ulminstoffe, die schwarzen Huminstoffe. Dazu gibt es Humussäuren und gewisse Verbindungen, die den Namen Humate erhalten haben.

Alles das zusammengenommen aber ist in jedem fruchtbaren Boden nicht da und dort, sondern ziemlich gleichmäßig verteilt. Ganz fein und gleichmäßig mit den kleinsten mineralischen Splittern, mit den Glimmerplättchen, den Quarzkörnern, den Kriställchen all der Bodensalze gemengt.

Laßt euch von einem Bodenkundigen irgendeine Messerspitze voll guter fruchtbarer Erde unter dem Vergrößerungsglas zeigen, und ihr werdet das Bild (wie es Abb. 6 wiedergibt), sehr bald zu deuten und in seiner merkwürdigen Besonderheit zu erfassen wissen. (Vgl. auch Abb. 3.)

Da sieht man zunächst blitzend wie Eisschollen, funkelnd mit Kanten oder in farbigem Licht die kristallinischen Bestandteile. Immer wiederholen sich dieselben Gestalten: Quarz, Feldspate, Glimmer, Olivin, Ton, Kalkstückchen, ab und zu Turmalin oder Granaten.

Ihre Größe ist in gutem Ackerboden nicht erheblicher als die der Humusflöckchen, ihre Gesamtzahl verwirklicht im besten Boden die sog. Regel des goldenen Schnittes. Das heißt, ihre Gesamtmenge verhält sich zur Humusmenge so, wie diese zu dem Gesamtvolumen der untersuchten Erdprobe.

Dann sind Bestandteile da, denen man den organischen Ursprung nicht immer ansieht und die trotzdem nicht mineralischer Natur sind. Ganz kleine Kügelchen, die in der sog. Molekularbewegung zittern und tanzen, winzige braune und schwarze Flöckchen, verbundene, manchmal ein wenig gallertig erscheinende Massen von Körnern und Fetzchen. Sie wollen wir Detritus nennen. Und dann wirkliche Tier- und Pflanzenreste. Da eine Holzzelle oder ihr Bruchstück, ein Stückchen von Chitinpanzer eines Insekts, ein Spiralfaden aus einem Pflanzengefäß, ein paar Bruchstücke

aus einem Blatt, ein Wurzelfäserchen und dergleichen. Alles geschwärzt, alles gebräunt, alles so zerlöst, daß es jeden Augenblick bereit ist, seinen letzten Zusammenhang aufzugeben. Das sind die humösen Bestandteile.

Sie stehen in einem gewissen Zusammenhang. Unter sich und mit den kristallinen Bestandteilen. Gewisse Gruppen sondern sich heraus, die natürliche Hohlräume zwischen sich freilassen. Man blickt hinein in die natürliche Krümelbildung, die jeder Land-

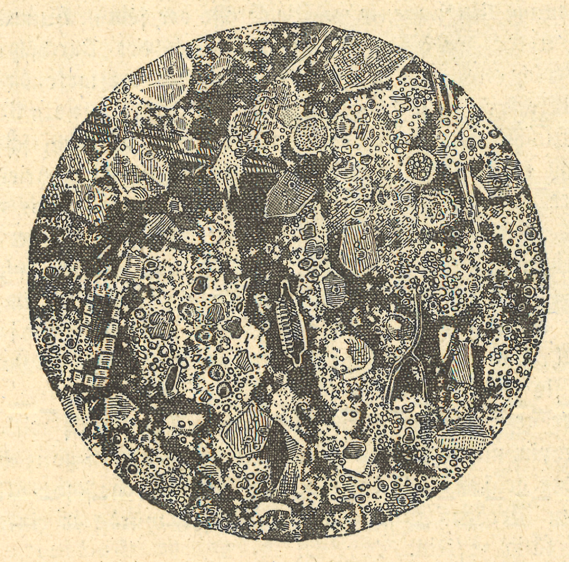


Abb. 6. Das vergrößerte Bild eines sehr fruchtbaren Bodens. Die humösen und mineralischen Bestandteile sind harmonisch gemengt. Die Krümelung ist vollkommen. Von Bodenorganismen erkennt man Bodenpilzfäden, stäbchenförmige Bodenbakterien, Dauersporen, eine lebende Kieselalge (Hantzschia), eine Erdamöbe, von verwesenden Organismenresten: Steinzellen, Libriformfasern, Pflanzenhaare und Reste des Chitinpanzers eines Insekts. (Nach der Natur gezeichnet vom Verfasser.)

wirt von seinem Boden wünscht, da er längst weiß, daß sie eine notwendige Vorbedingung der Fruchtbarkeit ist. Ideal gekrümelt ist ein Boden dann, wenn die Krümel gleichmäßig und klein sind und mehr Hohlräume zwischen sich freilassen, als ihr Volumen einnimmt.

Da klaffen auch schon die Lücken zwischen dem, was wir aus dem bisherigen zu erklären wissen und was dieses Bild zeigt.

Namentlich drei Dinge sind daran unverständlich: Da wäre erstens die überaus feine Zerkleinerung des Humus. Dann die voll-

endet gleichmäßige Durchmischung der organischen und kristallinen Bestandteile. Und drittens die Frage: Woher rühren die Hohlräume zwischen den Krümeln?

Am wenigsten unerklärlich erscheint von diesen Fragen zunächst die feinste Zerkleinerung der organischen Reste. Wir haben ja vorhin die Kleinwelt auf Feld und Wald belauscht, wie sie tagaus tagein raspelt und beißt, um die Toten aufzuarbeiten. Der Forscher aber, der es nicht bei dem bloßen Augenschein bewenden läßt, nimmt genaue Messungen vor. Die Größe der feinen Humuskrümel, die man unter dem Vergrößerungsglas als das Durchschnittskorn mißt, überschreitet gewöhnlich nicht zwei- bis dreitausendstel Millimeter. Untersucht man Holzmulm oder die Ballen, die ein Museumskäfer zurückläßt, der bekannte Anthrenus, mit dem schon jeder Gymnasiast im Kampfe liegt, da jener die schönsten präparierten Insekten der Sammlung unbarmherzig zernagt und in das rieselnde trübselige Pulver verwandelt, das zum Schluß von jeder Sammlung übrigbleibt, so wird man sich bald überzeugen, daß keines der Körner kleiner denn ein fünftel bis ein siebtel Millimeter ist. Es muß demnach irgend etwas da sein, das die größeren Krümel in die feinsten verwandelt. Von selbst zerfallen sie wohl kaum.

Dieser gesuchte Unbekannte lebt und arbeitet auch wirklich. Er führt nur ein mißachtetes Dasein, wenngleich er ein ganz wichtiges Glied in der großen Kette des Weltgeschehens ist, das sofort alle Räder des ewigen Werdens zum Stillstand brächte, würde er eines Tages aufhören, tätig zu sein.

So wichtig sind die Regenwürmer und die mit ihnen verwandten Borstenwürmer und die Fadenwürmer des Bodens, die Rädertiere, Wurzelfüßler, Wimpertierchen, die Bärtierchen und Geißellinge, die Amöben und Kleinkäfer, die den Boden in ungezählten Scharen beleben.

Man wird ungläubig den Kopf schütteln, denn man hat dergleichen nie im Ackerboden gesehen. Nur von den Regenwürmern wissen die Naturkundigen, daß schon Darwin, der Große, in einem besonderen Werke[6]) nachgewiesen hat, daß sie von geradezu unschätzbarer Bedeutung für die Bildung der Ackererde seien. Im Walde spielen sie freilich noch eine weit größere Rolle als auf der Wiese, dem Feld oder in dem Gartenland, obschon man jeden Gärtner zum Zeugen aufrufen kann, wie belebt seine Beete am

Abend nach einem Sommerregen sind. Man hat von dem purpurroten Regenwurm allein auf einem Quadratfuß Buchenwaldhumus Tausende von Tieren gesammelt, und Viktor Hensen gibt an, daß im Durchschnitt auf den Wiesen jeder Quadratfuß sechs Regenwürmer ernähre. Nur im Torf und auf trocken-sandigen Orten fehlen sie ganz, ebenso in trockener Heide; ihre Zahl vermehrt sich aber, je mehr milder Humus vorhanden ist, bis sie in den Tropen, wo es auch meterlange Regenwürmer gibt, ganz unwahrscheinliche Verhältnisse verwirklicht.

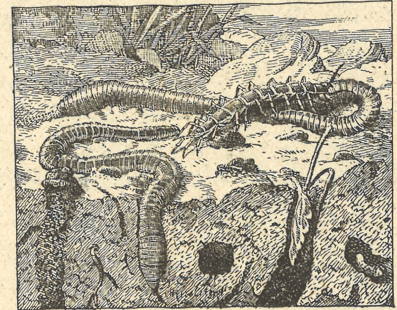


Abb. 7. Aus dem Leben der Regenwürmer. Man sieht ein ideales Profil der obersten Schicht der Dammerde (von links nach rechts), mit einem ausgefüllten Regenwurmgang, den winzigen Röhrchen tunnelgrabender Insekten, einem auf der Flucht grabenden Regenwurm und dem mit seinem Kot erfüllten Querschnitt seiner Röhre. In einen großen Gang haben die Tiere verwesende Pflanzenteile hineingezogen. Rechts der Gang einer Käferlarve.
Oberirdisch liegen die charakteristischen Kothäufchen der Würmer, die für die mechanische Zerlösung des Bodens so wichtig sind. Im Mittelgrund fällt ein Steinkriecher (Lithobius forficatus) einen Regenwurm an. Originalzeichnung.

Man hat seit den Darwinschen Untersuchungen allgemein geglaubt, daß die Regenwürmer ausschließlich von faulenden Blättern leben, die sie des Nachts in ihre Höhlen ziehen und dort zerkleinern. Wenigstens finden sich in den Regenwurmgängen sehr oft (vgl. Abbild. 7) ganze Büschel solcher faulender Blätter und Stiele. Ich habe diesen Dingen große Aufmerksamkeit gewidmet, und meine Schülerin R. v. Aichberger[7]) hat die Ernährung des Regenwurmes gründlich durchforscht. Danach kann ich sagen, daß diese Blattransporte keineswegs die Hauptenährung der nächtlichen Tiere darstellen. Der Regenwurm frißt nicht deshalb den ganzen lieben Tag Erde in sich hinein, um sich etwa bloß Arbeit zu machen; diese Erde stellt vielmehr seine Hauptnahrung dar, indem er die darin enthaltenen Lebewesen und noch nicht völlig verwesten Eiweißstoffe aufnimmt und verdaut. Ebenso unermüdlich wie er Erde in sich schluckt, gibt er sie auch von sich. Damit nützt er dem Boden zweifach. Er wühlt ihn um und macht ihn lockerer, er zerkleinert aber auch seine Krümel. Die Wissenschaft, die für jede übelklingende Sache ein hübsches Wort erfindet, nennt das koprogene Humusablagerung und weiß, daß sich an ihr auch kleinere Larven und Insekten, namentlich Ameisen beteiligen. Am

Meeresstrande, im fetten Marschenboden, besonders in der Zone, wo sich der fruchtbare Schlick ablagert, treten an Stelle des Regenwurmes die Wattwürmer mit ähnlichem Erfolg. Im Hochgebirge besonders die Ameisen.

Auf diese Weise kann ein Hektar mit 200—1000 Kilogramm Wurmmasse durchsetzt sein, und das muß natürlich den Boden wesentlich verbessern. Es hat daher die neuere landwirtschaftliche Forschung ihre Aufmerksamkeit auch unmittelbar auf diesen Punkt gerichtet, und die von ihr gefundene Ziffer, daß der Kornertrag einer bestimmten Fläche eines Roggenfeldes 16,2 Gramm beträgt, wenn der Boden gar keine Regenwürmer enthält, dagegen 25,8 Gramm, wenn auf dem betreffenden Bodenstück 100 der Tiere vorhanden sind, ist eine feste Grundlage, die sich nicht mehr verrücken läßt.[8]) Demgegenüber kommt der geringfügige, von dem Glauben übrigens stark übertriebene Schaden, den die Regenwürmer durch gelegentliches Abbeißen einer Wurzel oder eines Keimlings, anrichten, gar nicht in Betracht.

Abscheulich kommt ein Regenwurm den meisten Menschen vor, und tatsächlich lassen sich auch kaum anmutende Züge von ihm melden außer diesem einen — daß er unentbehrlich und unser Bundesgenosse und Freund ist. Das gleiche gilt auch von den vielfachen anderen Bodenwürmern, deren Existenz sogar den beruflich mit der Bodenarbeit Vertrauten entgeht, weil sie meist winzig, völlig farblos, wenn nicht weiß sind, und ihr unterirdisch Tun und Treiben wohl zu verbergen wissen. Selbst die Wissenschaft weiß von dieser Seite ihres Daseins eigentlich fast nichts, und es war mir vorbehalten, als Erster darauf hinzuweisen, daß Enchyträiden, Rotatorien und Nematoden für die feinste Humuszerkleinerung eine ähnlich wichtige Bedeutung besitzen wie der Regenwurm.

Was sind diese Wesen und kaum aussprechbaren Namen? Es ist nicht gelehrte Eigenbrötelei, daß ich den Leser in das Labyrinth solcher Spezialistenwinkel einzuführen trachte, sondern eine ganz notwendige Erweiterung der allgemeinen und der praktischen Bildung, um die man nicht mehr herum kann. Jeder Landmann muß es wissen, und wenn auch nur in der Form, daß in seiner geliebten Heimatscholle der Boden nicht leblos und tot ist, sondern durchzogen von gar nicht aussprechbaren Mengen kleinster Würmchen und Tierchen, die darin Gänge wühlen, Erde fressen, verdauen und auf

das allerfeinste zerkleinert und gekrümelt von sich geben. Und so wie die große Zahl der einzelnen Tropfen den Regen ausmacht und mit ihm die köstliche Befruchtung der Erde und den Reichtum der Ernte, so ist es auch hier die Zahl, die die winzige Wirkung der einzelnen gewaltig und völkerbedeutend sein läßt.

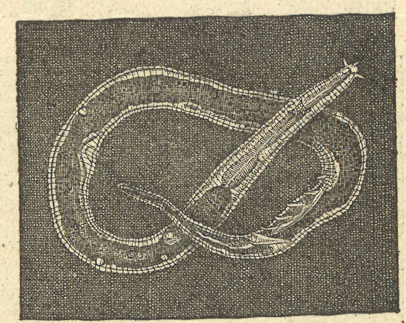


Abb 8. Ein Fadenwurm (Nematode) des feuchten Ackerbodens. Männchen von Aphanolaimus attentus D. M. sehr stark vergrößert. Originalzeichnung des Verfassers.

Wenn in einem Fingerhut voll Ackererde an 30000 solcher Fadenwürmchen (Abb. 8) und ihrer Verwandten sich regen, so sind es in einem Morgen Land unzählbare, und man glaubt wohl, daß diese kleinen unsichtbaren Helfer des Landwirtes bei ihm Dank verdienen.



Abb. 9. Erdamöbe und Wurzelfüßler in einer Erdspalte des Ackerbodens, sehr stark vergr. Die Amoeba terricola Gr. links vorn, die überraschend Quarzkörnchen (wie solche neben ihr liegen) ähnlich sieht, enthält im Innern viele Bläschen, in denen Nahrung verdaut, in feinste Körnchen zerlöst wird. Andere Bläschen scheiden Flüssigkeit aus ihrem Körper aus. Links nimmt sie ein Nahrungskörnchen auf. Hinter ihr liegt die leere Schale der im Ackerboden besonders häufigen Difflugia urceolaris. Rechts im Mittelgrund liegt der häufigste aller Erdwurzelfüßler, Trinema acinus, der sich mit seinen Scheinfüßchen eine soeben vorbeischwimmende Schiffchenalge fängt. Man beachte die feinste Detrituszerlösung um die Amöbe. Aus den Humuskörnchen brechen Bodenpilze (Schimmelpilze) hervor. Nach der Natur gezeichnet und zusammengestellt vom Verfasser.

Was sie übriglassen, nehmen noch kleinere auf: einzellige Tiere von winzigsten Ausmaßen und was endlich diese von sich geben, das sind schließlich die allerfeinsten, eben die tausendstel Millimeter großen Körnchen der fruchtbaren Feinerde.

Eine große Bedeutung kommt in dieser Hinsicht namentlich den Rädertierchen (Abb. 11) und den im Boden lebenden Urtierchen (Abb. 9 u. 10) zu, von denen wieder drei Gruppen: die Wimpertierchen, die Erdamöben und die Monaden, der Pflanzenwelt und dadurch auch dem Menschen wichtige Dienste leisten.

Seltsame Tiere sind das, diese Erdrädertiere. Man kennt sie schon lange aus dem Schlamm der Gewässer, wo sie auch vorkom-

men, aus dem Gefilz der Moose und dem Dachrinnensand. In einer merkwürdigen Verkettung der Dinge waren sie sogar so ziemlich die ersten aller Kleintiere, die je eines Menschen Auge erblickt hat. Denn jener Holländer Leeuwenhoek, der erste Mensch, der die Kleintierwelt mit dem Vergrößerungsglase untersuchte, hatte auch den sonderbaren Einfall, die sandige Dachrinne seines Hauses daraufhin zu prüfen. Er fand dabei Erdrädertierchen. Sie haben Eigentümlichkeiten an sich, die nur aus ihrer besonderen Lebensweise zu erklären sind. Da wäre schon die Gestalt. Der lange Wurm ist gegliedert; seine Glieder lassen sich jedoch ineinanderschieben, wie die Teilstücke eines Fernrohres. Ganz zusammenziehen und verkleinern kann sich dadurch so ein Rädertierchen, bis es etwa einer verschrumpften Pflaume gleicht. In diesem Ruhezustand erträgt es Austrocknung, die ihm in der Erde oft genug droht. Wie ein Staubkörnchen fliegt es im Winde; es hat in seinem scheintoten Zustand jahre- und jahrzehntelang der Trokkenheit und der Verwesung widerstanden. Es verwirklicht den Auferstehungsglauben, den die Ägypter an ihre Mumien knüpften. Denn, wenn es wieder in Wasser oder feuchte Erde gerät, streckt sich das kleine Teleskop, schiebt ein Glied nach dem anderen hervor und lebt wieder auf aus seinem Trockentod (Abb. 11).

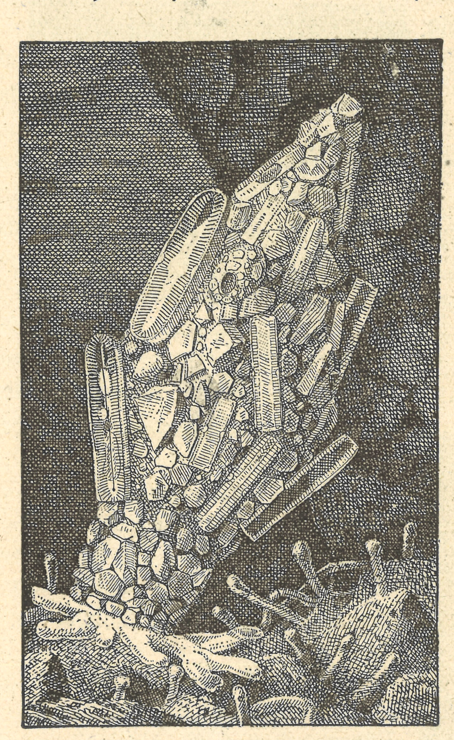


Abb. 10. Ein großer Wurzelfüßler (Difflugia acuminata) des feuchten Wiesenbodens. Er erbaut sein Gehäuse aus Glimmerplättchen, Quarzkörnchen und den Schalen verzehrter Kieselalgen, die alle an eine klebrige, von ihm ausgeschiedene Haut befestigt werden. Nach der Natur bei starker Vergrößerung gezeichnet vom Verfasser.

Ganz ähnlich handeln auch die Erdamöben (Abb. 9). Sie können

eintrocknen bis zur völligen Unkenntlichkeit. Sie gleichen dann täuschend einem Kieselkörnchen. Auf dem Krümelungsbild auf S. 27 ist eine solche noch „trockene" Erdamöbe abgebildet, und ich kann es geradezu als Preisaufgabe bezeichnen, wenn einer meiner Leser sie zwischen den Erdkörnchen herausfindet. Dieses Wechseltierchen, das man nicht mit Unrecht als das einfachste aller Tiere bezeichnet hat, ist nicht größer als die Bodenkrümel. Starr, kaum beweglich liegt es in seiner faltigen Haut, und nur ganz langsam streckt es Fortsätze aus, um die Humusbröckchen in sich hineinzuziehen. Es verdaut sie, verwendet ihren Stickstoffgehalt; in seinem Leib zerfällt so ein schon durch mancherlei Mägen gewandertes Lebensrestchen in allerfeinste Körnchen, und diese werden dann ausgestoßen.



Abb. 11. Rädertiere in den mit Wasser erfüllten Spalten des Ackerbodens. Links eine Philodina megalotrocha, hinter ihr liegt ein Tier ihrer Art im scheintoten, zusammengezogenen Zustand, in sog. Anabiose. Rechts ein Rotifer macroceros. Beide Tiere wirbeln mit ihrem Räderorgan auf das Lebhafteste. In ihrem Innern sieht man (von oben nach unten) das Gehirn mit den Augen, den Kaumagen mit den Zähnen, den langen, fetterfüllten Darm, den Eierstock, den Enddarm. Die Rädertiere sind große Räuber in ihrem Reich, zerlösen aber auch viel faulende Stoffe. Stark vergrößert. Nach der Natur gezeichnet vom Verfasser.

Genau so handeln die unterirdischen Infusorien und Geißelzellchen. Allerwinzigste Krümel bezeichnen die Spur ihres Erdenwallens. Eine Idylle aus der Kleinwelt des Irdischen ist das, die sich an Winzigkeit ihrer Maße kaum mehr überbieten läßt. Und dennoch, wenn in einem Quadratfuß Ackerboden sechs Regenwürmer arbeiten, so sind es auf dem gleichen Fleckchen Erde, das gerade so groß ist, daß ein Mann darauf stehen kann, nicht weniger als vierzehn und eine halbe Milliarde der genannten Kleintiere, die Tag und Nacht fressen, zerkleinern, krümeln, den Boden bearbeiten, dem Landmann helfen und an seiner Ernte mitarbeiten.

Ich glaube, hierüber brauche ich kein Wort mehr zu verlieren, um so mehr als eine Fülle anderer wichtiger Dinge noch der Erörterung harrt. Da wäre zunächst die zweite der vorhin aufgeworfenen Fragen.

Wie erklärt sich die, auch auf Abb. 6 deutlich in die Augen

fallende gleichmäßige und innige Durchmischung der humösen und kristallinen Bodenbestandteile?

Es bedarf doch keiner besonderen Auseinandersetzung, wie wichtig dieser Punkt für die Ernte ist. Muß doch jedes Wurzelhaar imstande sein, eine Bodenlösung aufzunehmen, die sowohl alle Salze wie Nitrate enthält. Liebig, der Begründer der Bodenchemie, hat es ja schon vor Jahrzehnten gezeigt, daß die Pflanzen nicht gedeihen, wenn auch nur einer ihrer notwendigen Ernährungsbestandteile fehlt. Ihre Ernährung hängt also immer von dem Stoff ab, von dem das Minimum des Nötigen im Boden vorhanden ist. Woraus von selbst die Notwendigkeit gleichmäßiger Mischung folgt.

Tatsächlich ist sie in gutem fruchtbarem Boden auch erreicht. Natürlich sind die Ameisen, die vielen Erdlarven, die Regenwürmer und das Kleinzeug auch daran beteiligt, nur in anderer Auswahl als an der Zerkleinerung. Die Flinkheit, der Eifer der Bewegungen läßt hier an die erste Stelle treten. Alles, was da unermüdlich rennt, Tunnels gräbt und wühlt, ist nützlicher als die Trägen und Beschaulichen. Die Pilze und Bakterien sind hierfür ganz gegenstandslos, der Regenwurm dagegen ist der König der Durchschaufler. Wo er und die übrigen Kleintiere häufig sind, da wird der Boden nicht nur gut gemengt, sondern auch locker und porös. Wo er fehlt, während die Pilze überwiegen, da stellt sich eine zähe, luftlose, tiefschwarze Beschaffenheit des Bodens ein, die man Rohhumus nennt, im Gegensatz zum Mull, den Förster, Landwirt und Gärtner am höchsten schätzen.[9])

Echter Rohhumus stellt sich in der Natur ein, wo die Heide wuchert und der Fichtenwald seinen Schatten breitet; auch an moorigen Stellen bleibt der Boden sauer und roh. Mull dagegen kennzeichnet den Buchenwald; auch unter Eichen, im Auwald, unter der blumigen Wiese, im Ackerfeld muß der Boden mulmig sein. Im Rohhumusboden überwiegen die Humussäuren, und ihr Anzeiger ist das massenhafte Vorkommen des schokoladebraunen Bodenpilzes Cladosporium humifaciens. Ich habe im bayrischen Hochgebirge Urwaldböden untersucht, in denen das Cladosporium dicke wollige Polster bildete, von denen man Hände voll sammeln konnte. Alle Kulturpflanzen meiden diesen Boden, und auch der Förster fürchtet ihn, denn der Boden wird auf die Dauer außer Fichte, Kiefern und Heidekraut nichts hervorbringen. Damit er sich allmählich in eine milde, neutrale Bodenbeschaffenheit umwandle, da-

zu gehört der reiche Tiergarten der Kleintierwelt, und es wird eine Zeit kommen, wo wir durch biologische Besiedelung die Verbesserung der Rohhumusböden noch ganz anders in die Hand bekommen werden als heute, wo sich der Mensch aufopfert und selbst den Zerkleinerer und Durchschaufler spielt, um das Cladosporium zu vertreiben.

Freilich kann er an Feinheit der Leistungen niemals den Wettbewerb mit den Tieren, diesen geborenen Bodenarbeitern aufnehmen, von denen als Durchschaufler namentlich die kleinsten, die Fadenwürmer (Abb. 8) und die Einzeller nicht zu übertreffen sind.

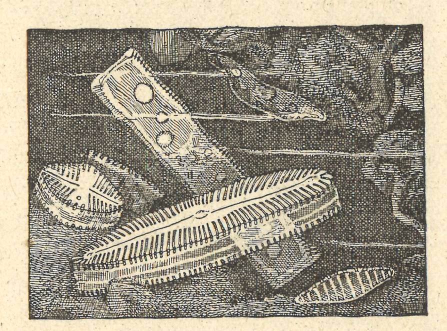


Abb. 12. Erdkieselalgen (Bacillariaceen) in einer Wasserspalte. Die zwei großen Pflänzchen sind Schiffchenalgen aus der Gattung Pimularia. Im Vordergrund liegt eine leere Schale, die den Anblick einer zierlichen Glasdose gewährt. Dahinter eine lebende Alge mit Zellkern, braungoldigen Farbstoffträgern und ausgeschiedenem Öl. Links davon die Art Navicula mutica in zwei Ansichten. Rechts vorn die Schale einer Nitzschia, oben eine lebende Hantzschia amphioxys. An den Erdschollen schlängeln sich die Fäden des Bodenpilzes Cladosporium. Bei starker Vergrößerung vom Verfasser gezeichnet.

Die erdbewohnenden Fadenwürmer, eigentlich nahe Verwandte der Trichine, sowie der im schlechten Essig oder Kleister umherschwimmenden Essigälchen und der von jedem Zuckerrübenbauer gefürchteten Rübennematode, an sich völlig harmlose Tiere, die zur Sanitätspolizei der Natur gehören, sind unermüdlich. Sie sind alle farblos, klein, im besten Fall etwa 1—20 Millimeter lang und können den Ruhm beanspruchen, eine der artenreichsten Tierordnungen zu sein. Die ganze Humusdecke unserer Erde ist von zahllosen Mengen dieser Würmchen durchwandert, von denen ein Quadratfuß bis zu Hunderttausend in sich bergen kann. Ihr langer Darm ist stets von Erde in feinster Körnelung erfüllt, der sie die darin enthaltenen Stickstoffverbindungen entnehmen. Dadurch bewegt ihr Heer tagaus, tagein ungeheure Erdmassen. Abgesehen davon schlüpfen sie mit unglaublicher Behendigkeit durch alle Lücken und Spalten und halten dadurch die feinsten Körner in steter Bewegung.

Mit ihnen wetteifern einige Pflanzengruppen, von denen das

wahrscheinlich niemand gedacht hätte. Das sind gewisse Spaltalgen und die gemeinbekannten Kieselalgen, die in der Erde geradezu das Hauptgebiet ihrer Verbreitung besitzen.

Wieder muß ich in diesem Bilderbuch seltsamer und unbekannter Mitarbeiter des Menschen, das schon so reich an absonderlichen Lebensbildern ist, neue Seiten aufschlagen, die selbst dem Fachkenner kaum bekannten Inhalt bieten.

Von der Rolle der Spaltalgen in der Landwirtschaft hat man noch kaum etwas gehört. Daß sie ein ganz ausschlaggebender Vorbereiter der Verwitterung sind, war selbst der Wissenschaft neu, bis der Schweizer M. Oettli und namentlich mein Schüler, Professor F. Falger[10]) das in einer sehr fleißigen Arbeit nachgewiesen haben.

Man mache den Versuch selbst und schlage mit einem Bergstock auf eine scheinbar völlig unverwitterte graue Felswand. Bald entsteht ein feuchter grüner Fleck als Zeichen, daß dort Pflanzen lebten. Alle der Luft und dem Regen ausgesetzten Felsen und Steine sind von einem wahren Rasen der Spaltalgen überzogen. Man weiß alles, wenn man hört, daß der Sandsteinfels auf seiner Oberfläche etwa 24000 dieser „Verwitterungspflanzen“ (Lithobionten nennt sie die Wissenschaft) auf dem Quadratzentimeter beherbergt. Das kann nicht ohne bedeutsamen Einfluß bleiben. Und tatsächlich hat es sich herausgestellt, daß diese kleinen Pflänzchen, die durch ihre Atmung ständig Kohlensäure ausscheiden und durch besondere Stoffe den Felsen in eine Lösung verwandeln, von der sie sich nähren, erst die Vorbedingungen der Verwitterung, dem Regen und Sonnenschein erst die Möglichkeit zur Wirkung schaffen. Sie sind die ersten Humusbildner, und nur, wenn sie vorgearbeitet haben, können die Flechten und Moose Fuß fassen, denen man die Zermürbung des Gesteins allgemein zuschreibt.

Wieder ist's ein Zauberwald, eine phantastische Welt, in die man eintritt, wenn man die Oberfläche der Felsen (aber auch der gotischen Dome oder alter Rathäuser) mit dem Vergrößerungsglas untersucht (Abb. 13).

Diesmal im sonnigen Licht ist die Welt allerdings farbenbunt. Wie ein Schrein voll Edelsteine schimmert es ihrem Beschauer entgegen. Da sammeln sich smaragdgrüne Kugeln zuhauf. Sie gehören zu einem Pflänzchen, das vielleicht das häufigste aller lebenden Geschöpfe ist. Wo immer Stein, Holz, sogar Eisen dem Regen ausgesetzt ist, stellt es sich ein. Die grünen Anflüge auf den

Baumstämmen, an den Hausmauern oder Bretterplanken bestehen daraus. Nicht umsonst nennt man es Urkugel, was in der klangvollen Wissenschaftssprache Protococcus lautet, es ist auch der Urbegriff pflanzenhaften Daseins. Ein Kügelchen ist's mit grünem Inhalt. Es assimiliert, liegt ruhig, zerfällt immer wieder in Tochterkugeln, die auch nichts anderes tun als sich ernähren und vermehren. Daneben liegen amethystfarbene, rosarote, purpurfarbene, auch braune, fast schwarze Stäbchen und Kügelchen. Die meisten verpackt in eine zarte gallertige Hülle. Das sind Spaltalgen. Wunderschöne grüne Perlenschnüre laufen zwischen ihnen: die Vorkeime von Moosen. Herrliche orangegelbe Näpfchen, Fäden, fein ausgezogen in Haare, andere grün und zart bläulich gefärbt, die emsig kriechen, sich drehen und wenden wie Schlangen und den Namen Schwingfaden rechtfertigen, den man ihnen beigelegt hat.



Abb. 13. Die Kleinwelt der Felswände (Lithobionten). Jeder der Luft ausgesetzte Stein wird von Kleinpflanzen besiedelt. Das Bild stellt eine „graue Verwitterungsrinde“ bei mäßiger Vergrößerung dar, welche sich aus folgenden Lebensformen zusammensetzt: Links am Rande ist eine große Zittertangkolonie (Nostoc). Vor ihr liegt eine Kolonie der Spaltalgengattung Aphanothece, und viele Cystococcus-Kugeln, zwischen denen Fäden der Spaltalge Lyngbya wachsen. Hinter diesen quellen große Kolonien von Gloeocapsa. Dahinter sind Fäden der orangeroten Luftalge Trentepohlia. Im Hintergrunde rechts das Fadengewirr eines Flechtenlagers, vorn die großen Fäden der Vorkeime eines Mooses. Nach der Natur vom Verfasser gezeichnet.

Wenn einer die Natur seiner Heimat kennt, dann ist er mit etwa fünfhundert oder sechshundert Blütepflanzen vertraut, aus denen sich die Pflanzendecke bei uns zusammensetzt. Eine Flora, die tausend Arten in sich schließt, gilt schon mit Recht für reich. Wie arm ist das aber gegen die Zaubergärten der unsichtbaren Pflanzenwelt! Schon vorhin haben wir angedeutet, daß die Verwesung von Tausenden von Pilzarten besorgt wird; nun erkennt man, daß an der Verwitterung wieder Tausende von Algenarten beteiligt sind. Von den einzelligen Spaltalgen sind an 2000 Formen bekannt, von den Schwingfäden allein an 400 Arten. Sie sitzen in jedem Ackerboden; eine noch unbegreifliche Kraft treibt sie an, langsam bohrende Bewegungen auszuführen und sich durch alle

Lücken und Spalten des Bodens hindurchzuschrauben. Viele von ihnen haben sogar die Gestalt eines schraubigen Bohrers.

Dadurch bewegen sie natürlich auch die allerfeinsten Bodenkörnchen. Und was dem einzelnen versagt ist, die Masse macht es.

Mit ihnen wetteifern an Beweglichkeit die kleinen Erdkieselalgen (Abb. 12), besonders die von der Gestalt zierlicher Unterseeboote, die man daher auch mit dem Namen Schiffchen = Navicula belegt hat. Rastlos rutschen sie hin und her. Welche Kraft bewegt sie? Die Kenner zucken verlegen die Achseln. Warum sind sie so beweglich? Der Bodenforscher glaubt nicht weit von der Wahrheit zu sein, wenn er meint, daß sie auf der Stickstoffsuche sind. Denn diese Pflänzchen sind Stickstoffverbraucher. Das wenigstens hat sich mit jeder Sicherheit feststellen lassen. Sie müssen also den Stickstoffverbindungen nachgehen. Und wirklich fahren diese flinken Schiffchen in den wassergefüllten Erdspalten mit solcher Energie dahin, daß sie die Körnchen vor sich her schieben. Hunderttausende krabbeln in jedem Fingerhut voll Erde; in allerfeinster Weise verschieben sich Tag und Nacht zu unseren Füßen alle Bestandteile des Bodens. Das Endergebnis: es scheint durchaus verständlich, daß Humus und Kristalle völlig gleichmäßig miteinander gemischt sind.

Klar ist es auch, warum jeder Boden überall geschichtet ist. Auf jedem Spaziergang kann man sich davon überzeugen, denn wo eine Sandgrube eingetieft oder eine Böschung eingeschnitten ist, jedenorts sieht man, wie die humöse, dunkle Schicht nur wenige Dezimeter, selten mehr denn einen Meter tief hinabreicht und unter ihr der rein mineralische, helle Grus und Schotter liegt. Nur soweit die Durchschaufler tätig sind, wird der Humus mit den mineralischen Verwitterungsprodukten gemengt, als Zeichen, daß Fruchtbarkeit, nämlich diese Durchdringung beider Bodenelemente, einzig und allein von ihnen abhängt.

Nun fügen sich die weiteren Kenntnisse mühelos zusammen. Es hat also der Boden seinen ganz bestimmten Bau (Abb. 14), der dadurch bedingt ist, daß feine Gänge und Tunnels, allerfeinste Risse und Spalten ihn kreuz und quer, aber ziemlich gleichmäßig durchziehen. Es gibt mehrere Systeme dieser Gänge. Zunächst die ganz groben, etwa die Röhren, in denen die Engerlinge hausen oder die, die große Schnecken graben, um ihren Laich abzulegen. Dann die feineren, in denen die Regenwürmer den Boden durchpflügen. Eine dritte Kategorie sind die Klüfte der Ameisen und Klein-

insekten. Und so folgt Gangsystem auf System in immer wachsender Verfeinerung. Die kleinen Borstenwürmer, die Nematoden, die Haarröhrchen für den Verkehr der unterirdischen Schiffchen, die Höhlen für die Wurzelfüßler und kleinsten Erdarbeiter, die Ritzen, in denen sich die Schwingfäden dunkel und stumm drehen.

Alle diese Kanäle, von deren Zusammenhang man eine überraschend gute Vorstellung erhält, wenn man einen Plan der Kanäle und Gäßchen der Stadt Venedig ansieht, gliedern sich wieder in zwei Kategorien. Die einen sind mit Wasser gefüllt (Abbild. 14), die anderen mit Luft oder verschiedenen Gasen.

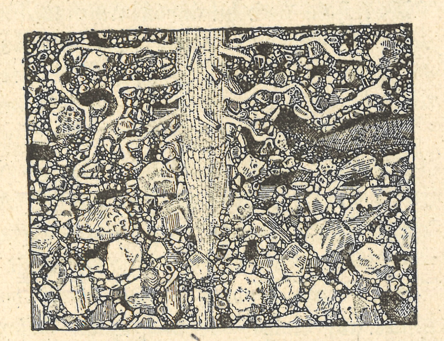


Abb. 14. Schema, um den Bau eines nicht sehr fruchtbaren Bodens und die Art des Wurzellebens zu demonstrieren. Schwach vergrößert. Der Boden enthält zu viel kristallinische Bestandteile, dazwischen nur wenig feinkörnigen Humus. In diesem sind Luftgänge und Wasserspalten. In einem größeren Tunnel ist ein Erdwurm sichtbar. Das Wurzelende ist von der Wurzelhaube geschützt, Wurzelhaare sind abgeschnitten, andere drängen sich durch die Körnchen durch und verwachsen mit ihnen. Original des Verfassers.

Daß viele von ihnen Wasser bergen, ist ohne weiteres verständlich. Der niedersickernde Regen sucht den Weg des geringsten Widerstandes und wird, dem Gesetz der Haarröhrchen folgend, solche kleine Klüfte leicht erfüllen.

Die Herkunft der Luft und des Sauerstoffes sowie der Kohlensäure, denn auf diese beiden Gase ist hier vornehmlich angespielt, beantwortet zugleich die dritte Frage, die noch ohne Lösung blieb: Woher rühren die feinsten Hohlräume zwischen den Krümeln?

Die Humusstoffe bilden Kohlensäure, bewirken dadurch die Lösung und die Verwitterung der Mineralstoffe im Boden.[11]) Sie treiben auf solche Weise den Boden auseinander und erfüllen ihn mit einem Kapillarnetz von kohlensäuregefüllten Hohlräumen. Dadurch wird er locker. Das wußte schon die alte Bodenkunde; die neue, die jedes Fleckchen fruchtbarer Erde mit Leben durchsetzt zeigt, macht auch die Quelle der Kohlensäureproduktion sichtbar. Alles, womit wir in diesen, vielleicht zu verwickelten Erörterungen bekannt geworden sind, atmet und haucht dadurch Kohlensäure aus. Es atmen die Gliedertiere, die Würmer, die Einzeller, es

atmen aber auch die Algen jeder Kategorie, die Bodenpilze und Bakterien; aus Millionen kleinen Körpern strömt das Gas und erfüllt den Boden, dessen Schwammstruktur nun wohl schon jedem meiner Leser klar ist. Der schwere Boden wird dadurch locker.

Dieses heimliche Heer atmet aber nicht nur, sondern ein ganz erheblicher Teil davon bringt auch Sauerstoff hervor. Das tun alle Bodenpflanzen mit Ausnahme der Bodenpilze und Bodenbakterien. Zum Glück sind sie aber zahlreich genug, daß ihre Wirksamkeit die Wagschale doch zu ihren Gunsten sinken läßt. Sie sind daher auch die Durchlüfter der Erde und damit ihre größten Wohltäter.

Den kleinen Schiffchen und ihren Verwandten (Abb. 12), den Schwingfäden und Urkugeln, die auch in der Erde stecken, sollte der Landwirt ein Denkmal der Dankbarkeit errichten; ihre Wohltaten für die Menschheit sind gar nicht auszudenken.

Eine vielmals größere Schrift als diese würde gefüllt werden, wenn ich alles das ausbreiten dürfte, was hier unmittelbar wichtig ist und jedes Jahr als wohltätige Wirkung in der Ernte auf Heller und Pfennig nachgerechnet werden kann. So aber kann ich nur auf einige der wichtigsten Zusammenhänge deuten.

Die Bodenbakterien und Pilze können nur dann arbeiten, wenn die verwesenden Substanzen genügend zerkleinert sind. Auch nimmt die Intensität dieser Zersetzung mit besserer Durchlüftung zu.

Ohne Luft im Boden verfaulen die Humusstoffe; es entstehen dann die giftigen freien Säuren, der Rohhumus, der Torf. Der Boden vermoort dann, oder es bildet sich Sumpfschlamm, erfüllt mit giftigen Gasen, die nur mehr Schwefelbakterien das Dasein gestatten.

Nur wenn sich die hier soeben geschilderten Bedingungen erfüllt haben, entsteht jene gewisse Lockerung und Feuchtigkeit im Acker, die man die Ackergare nennt und die jeder Praktiker der Land- und Gartenwirtschaft als Vorbedingung eines guten Wachstums ersehnt. Immer wieder erlebt der in dem Vorort oder auf das Land siedelnde Großstädter die Enttäuschung, daß er angeblich „herrliches" Gartenland erstand, womöglich ein Stück Fichtenwaldboden, alten „Waldpark", wie man das in der Verkaufssprache so hübsch nennt, auf dem dann nichts wächst, wenn er Gemüse tragen soll. Der Boden war eben noch nicht „gar"; er war nicht mürbe, krümelig, er war der Luft in seinem Innern noch nicht zugänglich und entbehrte der Nährstoffe.

Jetzt wird es auch jeder verstehen, warum die Bodenorganismen aller Art erst Zeit brauchen, um Rohhumus „gar" zu machen, warum der Bauer seit uralten Zeiten weiß, daß der Acker erst ruhen muß durch die Brache, bevor Gare eintritt.

Und erst ein richtig garer Boden erfüllt auch die letzte große Forderung, die das Pflanzenleben an ihn stellt; er ist richtig durchlüftet.

Diese Bodendurchlüftung ist wieder eine der ganz großen Grundsäulen, auf denen Menschenleben und menschliche Kultur mit gelassener Selbstverständlichkeit ruhen, wobei niemand eigentlich eine klare Vorstellung davon hat, daß solches erst das Resultat eines langwierigen und verwickelten Prozesses ist und keineswegs so sein muß.

Dort, wo keine richtige Durchlüftung des Bodens stattfindet, nimmt daher die Menschheit diese Tatsache wie eine Schickung hin, trägt ihre schädlichen Folgen und denkt gar nicht daran, daß sie es in der Hand hat, durch Wissen sich auch hier bessere Lebensbedingungen zu schaffen.

Worauf alles ankommt, ist, daß die Erde bis in die Tiefe, in die Kulturpflanzen ihre Wurzeln senken, gleichmäßig mit Sauerstoff und Luft durchsetzt sei, in den tieferen Schichten auch noch mit Kohlensäure. Mit anderen Worten, auf reiches Bodenleben kommt es an. Zahlreiche Kleintiere müssen vorhanden sein und noch weit mehr assimilierende Kleinpflanzen. Ein Übermaß von Bodenpilzen, namentlich Schimmelpilzen, kann dabei schädlich wirken, und Fäulniswesen in großer Anzahl sind jedenfalls von Nachteil.

Diese Durchlüftungsgesetze sind schon seit einiger Zeit bekannt und wurden von den Hygienikern, denen die Gesundhaltung der Städte anvertraut ist, auch sorgsam beachtet.

Prachtvolle Durchlüfter und damit Entfäuler sind vor allem alle Arten von Algen. Die schönen grünen Urkugeln des Bodens, die fädigen Verwandten (vgl. dazu Abb. 17), die Zieralgen, auch die Moosvorkeime, dann die braunen Schiffchen und ihr Kreis, den man gelehrt Diatomeen*) nennt, natürlich auch die blaugrünen und bunten Spaltalgen, diese aber schon mit einem gewissen Vorbehalt, das sind die geborenen Gesunderhalter der Erde.

*) Ihr eigentlicher Name ist Bacillariaceen.

Je näher diese Formen den Pilzen stehen — und das trifft eben für gewisse Spaltalgen zu — desto weniger nützen sie der Bodenluft; gewisse Bakterien und Schimmelpilze erregen sogar immer wieder Übles, Fäulnis, die Vorbedingung von Krankheiten. Der Volksmund weiß das längst. Hier soll man sich ansiedeln, sagt er, hier ist die Luft gesund — an jenem Ort aber ist es ungesund, den soll man als Wohngegend meiden. In ganz naiver Weise, wie bei allen Volksurteilen, wird dadurch eine Tatsache angedeutet, die die Wissenschaft zwar mit vielen Begriffen und Einzelheiten umschreiben, aber letzten Endes auch nicht leugnen kann.

Gerade für den Siedelungsboden gilt es, daß der Mensch des Menschen Feind ist. Wo Menschen lange wohnen, da vergiften sie den Boden. Sie häufen die Abfälle ihres Daseins an, sie durchtränken die Erde mit Abfall- und Verwesungsstoffen, sie verunreinigen sie mit Kehricht, Bauschutt, mit toten Resten aller Art, in einem gesagt, sie verpesten sie mit Kulturdünger. Alle großen Städte sind in diesem Sinn ein Schlachtfeld der Kultur, mit Respekt zu sagen: ein großer Misthaufen. Seht doch den armen, beschmutzten, durchwühlten Boden unter ihren Häusern! Wieviel Generationen haben ihr Unsauberes in ihm hinterlassen. Was ist nicht alles verfault und verwest in ihm! Wo man das Pflaster öffnet zu unseren Füßen, sieht man nur einen Sumpf der Zivilisation, und übelriechender Brodem quillt daraus empor. Ein wahres Tagebuch von Krankheit, Not, Verbrechen, Elend, Unsauberkeiten und Unwissenheiten aller Art ist solcher Boden, den man an seiner natürlichen Selbstreinigung hindert. Und so, ein einziger Leichenhaufen der Vergangenheit wäre die Erde überall, wo Menschen sind und Tiere hausen — wenn es nicht die kleinen Durchlüfter, die Entfäuler und Selbstreiniger, diese hygienische Polizei der Natur gäbe.

Längst macht man Gebrauch von dieser Erkenntnis in der modernen Abwasserreinigung oder in der älteren Rieselfelderwirtschaft der großen Städte. Man bringt den Inhalt der Kanäle, diesen fürchterlichen Kloakenschlamm in Klärbecken und überläßt ihn den sanften und freundlichen kleinen Pflanzen, die sich dazu hergeben, das Unaussprechliche wieder zurückzuverwandeln in wertvolle, brauchbare Stoffe. Ein lieblicher grüner Schimmer durchleuchtet den Unrat; Tod, Verbrechen, Schmutz, alles zerlöst sich und wird wieder rein, jungfräulich, neu, unschuldig. Der

Kanalinhalt versickert in grünen Wiesen, die als Entfäuler in das System der Abwasseranlagen eingesetzt sind.

Kraft seiner kleinen Bewohner reinigt sich jeder Boden ständig selbst, und als Krone dieser vielen kaum begreiflichen und erstaunlichen Vorgänge, die ich hier vorüberziehen ließ oder angedeutet habe, werden alle Sünden des Lebens gelöst und verziehen durch die Arbeit und den tiefen Sinn auch wieder des Lebens. Es verstrickt sich in Unheil und Schuld, sündigt, mordet, zerstört, verunreinigt, stirbt und lebt wieder auf, wird wieder rein, jung, lebensstark und bereit zu neuem Wirken — und zu neuer Schuld.

So wird jedes Schlachtfeld wieder warme, begrünte, friedliche Erde; aus der Subura des alten Roms, und aus dem Kurfürstendamm des neuen Berlin wird eines Tages doch wieder ein unschuldiges stilles Stück Land, auf dem Rosen blühen und keusch, würzig der Atem der Erde geht, als sei es dort nie anders gewesen . . .

*

IV.

So ist der Boden beschaffen, aus dem sich die Pflanze nähren will. Will man verstehen, wie sie gedeiht, muß man nun beobachten, wie sie sich seine Eigenschaften zunutze macht und was sie von seinen vielen vorhandenen Stoffen brauchen kann.

Holt man irgendeine Pflanze — am besten kann man es mit einer Keimpflanze, die kaum erst richtig festgewurzelt ist — aus dem Boden, so wird man zunächst dadurch überrascht, daß sie mit ihm eine innige Verbindung eingegangen ist, und zwar gleich in zwei Beziehungen.

Zunächst ist sie mit ihm verwachsen (Abb. 14). An den feinsten Wurzelhärchen hängt ein ganzer Pelz von mineralischen Körnchen, die sich davon nicht abwaschen lassen. Man erhält überhaupt einen ganz anderen Begriff von dem heimlichen, intimen Leben der Pflanze, wenn man sich einmal die feinsten Wurzelendigungen in ihrem Verhältnis zum Boden näher ansieht. Das Würzelchen selbst hat eine eigentümliche Kopfhaube um — sie heißt tatsächlich Wurzelhaube — die ihr zartes Ende vor Verletzung schützt, weil sie wie ein elastisches Polster wirkt. Die von dem Wurzelende ausstrahlenden Härchen sind sehr eigenwillig gekrümmt; folgt

man aber ihren Krümmungen, so erkennt man leicht deren Ursache. Es rührt fast, zu sehen, wie vorsichtig so ein Wurzelhärchen jedem größeren Kieselchen ausweicht; höchst geschickt krümmt es sich darum. Dagegen weiß es mit untrüglicher Sicherheit die überall vorhandenen luft- und wassergefüllten Kanäle aufzusuchen, aus denen es die Atmungs- und Ernährungsbedürfnisse befriedigt. Denn in den Wasserröhrchen ist unter dem Einfluß der Bodenkohlensäure eine mineralische Lösung vorhanden, die von den Wurzelhaaren aufgesogen wird. Sie selbst sondern auch Stoffe aus — nach neuester Ansicht sind es ebenfalls Säuren — die gleichfalls Salze lösen helfen. Mit ihrer Hilfe ätzen sie selbst unmittelbar Quarz, Glimmer und Feldspatkristalle an, die dann, namentlich mit den Haarendchen verwachsen (vgl. Abb. 14).

Die Aufsaugung erfolgt unter dem Einfluß des allbekannten physikalischen Gesetzes, das man Osmose nennt. Osmose tritt immer ein, wenn zwei Lösungen von verschiedener Konzentration durch eine tierische oder pflanzliche Haut voneinander getrennt sind. Es wandern dann die konzentrierten Stoffe auf die andere Seite, bis ein Ausgleich hergestellt ist.

Aber — und hier zeigt sich die besondere Gesetzlichkeit des Lebens — nicht alle Mineralstoffe wandern so in die Pflanze ein, sondern nur ganz bestimmte, von der Pflanze ausgewählte. Warum das so ist, vermag man heute noch nicht zu beantworten, nur an der Tatsache selbst läßt sich nicht zweifeln.

Es hat sich durch Versuche feststellen lassen, daß (außer mit Kohlenstoff und Stickstoff) sich eine Getreidepflanze vollständig ernähren läßt, wenn man ihr die salpeter-, schwefel- und phosphorsauren Salze von Kali, Kalk, Magnesium und dazu etwas Eisen gewährt.[12]) Von diesen Substanzen sind besonders fünf die Hauptnährstoffe. Diese muß man sich merken: Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk.

Eine ganze Wissenschaft ist aus dieser Erkenntnis emporgewachsen; die Landwirtschaftschemie, die in Tausenden und aber Tausenden von Versuchen eine Reihe von Erkenntnissen bis zur Sicherheit erhärtet hat, ohne die man heute gar keinen vernunftgemäßen Acker- oder Gartenbau treiben könnte.

Da ist zuerst die Einsicht, daß ohne den Kohlenstoff alle Tätigkeiten der Pflanze sofort eingestellt würden; ihr Lebensstoff ist eben eine Kohlenstoffverbindung, könnte daher ohne Kohle auch

nicht einen Augenblick bestehen. Woher die Pflanze diese Kohle nimmt und was sie aus ihr macht, das wissen wir aber schon (vgl. S. 10). Die Phosphorsäure wieder dient der Getreidepflanze hauptsächlich zur Ausbildung der Körner, freilich nützt sie auch der Gesamtpflanze. Kali dient vornehmlich zur Zucker- und Stärkebildung, weshalb man im Zuckerrüben- und Kartoffelbau nicht versäumen darf, Kali zuzuführen. Die Rolle des Kalkes im Haushalt der Pflanze ist eigentümlich und noch nicht restlos durchschaut. Im allgemeinen dürfte man der Wahrheit ziemlich nahe stehen, wenn man sagt, daß der Kalk die im Boden vorhandenen übrigen Nährstoffe den Kulturpflanzen mundgerecht, sie gewissermaßen aufnahmefähig macht. Stickstoff endlich befördert besonders die Ausbildung der Blätter, überhaupt die der Vegetationsorgane.

Mit dieser Einsicht war sehr viel gewonnen, namentlich da es sich dazu noch herausgestellt hat, daß die einzelnen Kulturpflanzen sehr verschiedene Ansprüche an den Nährstoffgehalt des Bodens stellen. Es verlangen die Getreidepflanzen viel Stickstoff und Phosphorsäure, die Hackfrüchte, worunter man in der Landwirtschaftssprache gewöhnlich Kartoffel und Zuckerrüben versteht, wollen außerdem noch viel Kali im Boden. Dagegen bedürfen wieder der Klee, ebenso die Erbsen, Bohnen, kurz also die Hülsenfrüchte einen besonders großen Vorrat an Phosphorsäure, Kali und Kalk,*) wie schon den Schülern erinnerlich seit dem artigen Lesestückchen von Benjamin Franklin, der durch Düngen auf dem Kleefeld die Worte sichtbar machte: Hier wird gegipst.

Diese Dinge sucht das Wurzelhaar, wenn es mit den kleinen Kristallen im Boden verwächst und die Salzlösung, die er ihr bietet, in sich hineinzieht.

In dem Augenblick, in dem man das zugegeben hat, besitzt man auch die Einsicht, daß und warum der Acker- und Gartenbau den Boden ärmer macht. Mit jeder Ernte führt man große Mengen von Kali, Phosphor, Kalk und Stickstoff weg, die früher im Boden waren. Die Ernten sind nicht etwa die Zinsen eines Kapitals, die man ruhig verzehren kann, sie sind vielmehr das Kapital selber.

Heute erscheint das durchaus einsehbar, ja selbstverständlich, es gab aber Jahrhunderte und viele Menschengenerationen, da nie-

*) Eine Ausnahme macht aber die Lupine, die Kalk nicht verträgt.

mand daran dachte und es glauben wollte, außer in einer sehr unbestimmten und aufs Geratewohl geübten Form, indem man nämlich einen Teil des geernteten Getreides in Gestalt von Stallstroh wieder auf die Felder brachte. Statt mit dem Rechenstift in der Hand sich zu sagen, ich habe in diesem Jahr so viel tausend Zentner Phosphor und Kali meinem Felde entnommen, ich muß ihm also im kommenden Jahr ebensoviel zurückgeben, verließ man sich nur auf eine beiläufige Düngung nach Urväter Art. Kein Wunder, daß alle Felder und alle Länder verarmten.

Das Wunder ist vielmehr, daß sie so langsam verarmten. So nüchtern und einfach erscheinen diese Tatsachen, und doch enthalten sie zwei Drittel aller Menschheitsgeschichte voll Blut und Elend, Krieg und Not, Völkerwanderungen, Revolutionen, Hungersnöte, Pestilenz und Seelenpein. In einer grauenhaften Hölle steckte die Menschheit, bloß weil sie diese einfachen Gesetze der Natur nicht kannte. Unwissenheit verurteilte sie zu jahrhundertelanger Qual. Schmerz durchzuckt das Herz des Menschenfreundes: So straft sich also Unkenntnis der Natur! Sollte da nicht auch jetzt die ganze Qual, unter der die Menschheit krampft, vielleicht wieder nur Strafe dafür sein, daß sie Gesetze der Welt nicht kennt oder nicht befolgt?[13])

Blickt man, erfüllt von diesen Gedanken, zurück auf den Lauf der Geschichte, so entdeckt man erst, wieviel von den Weltereignissen eigentlich die Folge der Bodenverarmung war. Solange es nur wenig Menschen gab auf der heimatlichen Scholle, war das freilich ohne Bedeutung. Der frühmittelalterliche Roder des Waldes konnte leicht aus dem Vollen wirtschaften. Ihm machte das gar nichts aus, wenn der Boden verarmte. Sank das Erträgnis, so wurde eben durch Rodung Neuland geschaffen, und der große Wald von Mitteleuropa schien unerschöpflich zu sein. Aber eines Tages erschöpfte er sich doch. Das war etwa der Fall in jener höchsten Blütezeit der deutschen Bürgerkultur, kurz vor dem Dreißigjährigen Kriege. Mancherlei läßt darauf schließen, daß damals, wenn nicht mehr, so mindestens das gleiche Gebiet kultiviert war wie jetzt, daß jedenfalls mehr Dörfer bestanden als heute. Wäre nicht die große Verwüstung des endlosen Krieges gekommen, der nur mehr vier Millionen Menschen lebend zurückließ auf einem Land, das vordem fünfundzwanzig ernährte, so hätte sich alles das, was nachher folgte, schon viel früher vollzogen. So aber war erst in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts der Lebensraum Mitteleuropas

erfüllt. Und die zunehmende Verarmung des Bodens setzte ein. Damals entstand allmählich die heute noch nachwirkende Überzeugung, daß Kultur ein Menschenfresser sei und die Länder verarme.

Zuerst versuchte man der Verarmung auszuweichen. Die Auswandererzüge ergossen sich nach dem wenig besiedelten Osten. Das soeben von den Türken befreite Ungarn war Neuland. Der große Schwabenzug setzte ein. Hunderttausende der besten Deutschen (denn zum Auswandern gehört Intelligenz, energisches Wollen und Geld) verließen den Boden, den sie für verarmt hielten, weil sie seine Gesetze nicht kannten. In England begann der Hunger, desgleichen in Frankreich. Engländer und Franzosen wandten ihrer Artung entsprechende Mittel an. Die einen schafften Brot durch die Industrie. Die so viel Menschenleid nach sich ziehende Spekulation begann: Mein Acker trägt nicht genug, also mache ich Nähnadeln oder Webwaren, um für sie vom Nachbarn Brot zu kaufen. Die Franzosen dagegen wollten Brot durch Revolution schaffen. Daß Ludwig XVI. die große Revolution zunächst für eine der üblichen „Brotrevolten" hielt, sagt darüber alles.

Hätte man nicht um jene Zeit die Kartoffeln überall eingeführt, um den Ausfall an Brot zu decken, so wäre die schleichende Lebensmittelkrise noch viel gefährlicher geworden. Die Kartoffel half den armen Menschen etwas, aber immer deutlicher wurde es: Die Äcker tragen nicht genug. Die Unglücklichen suchten den Fehler in ihrer Lebenslust, und man erfand das Wort von der Übervölkerung. Der Reverend Malthus stellte seine eigentlich fürchterliche Theorie auf, die, als Darwinismus verkleidet, heute noch lebt. Ein noch schrecklicherer Gedanke kam auf. Nicht nur Zurückhalten sollten sich die Menschen in ihren natürlichsten Trieben, sondern auch abschlachten sollten sie den Überfluß an Menschen. Man begann mit der Predigt: Kriege müßten sein; der Krieg sei gottgewollt, um der Übervölkerung vorzubeugen. Und von da war nur mehr ein Schritt zum Imperialismus. Man muß dünnbevölkerte, noch bodenreiche Länder erobern, um für seine Menschenmassen Brot zu haben, man muß das Land den Naturmenschen wegnehmen und sie arm machen unter der Bezeichnung Kolonie, denn der arme Boden daheim muß durch Kolonien ergänzt werden.

Das Zeitalter der Industrialisierung, der Auswanderung, der Proletariatsbildung, der Kriege, der Kolonisation, des Imperialismus, der Revolutionen und der Hungersnöte begann.

Versteht man nun, daß alle diese Höllen, diese wahre Büchse der Pandora, einen einzigen Ausgangspunkt hatten, alle auf eine Ursache zurückgingen: auf die Verarmung des Ackerbodens, deren wahre Ursache man nicht kannte?

Statt im Osten suchte man bald das Neuland im Westen und Süden. Amerika wurde das Auswandererparadies. In Scharen stürzten sich Deutsche, Franzosen (Kanada!), Italiener, Slowaken, Russen auf den jungfräulichen Boden, der noch volle Ernten gab; man ging nach Südafrika, nach Australien, überall hin, wo noch reiche Ernten lockten. Wo es den Menschen wieder gut ging, da war das neue Vaterland. Trotzdem wurde der Kampf ums Dasein überall ärger. Und die Armen, statt ihn als Krankheit zu erkennen und zu heilen, machten sich aus ihrer Geißel ein Gesetz der Geißelung. Man nahm es hin als Notwendigkeit und sagte, Kampf muß sein, Hunger, Übervermehrung muß sein, das ist naturgewollt. Aus dem entspringt sogar aller Fortschritt.

Aber trotz imperialistischer Kriege, Kolonien und der Verwandlung von ganz Europa in eine Fabrikkaserne wuchs der Hunger. Zwischen 1750 und 1850 ging in jedem Jahrzehnt mindestens einmal die Hungersnot durchs Land. Von dem großen Elend 1816 bis 1817 erzählten noch unsere Großeltern; der Mißwachs von 1847 wurde allgemein als die unmittelbare Ursache des Ausbruches der Unruhen von 1848 gedeutet.

Da kam die Rettung. Von der einzigen Seite her, von der der Mensch dem Menschen beistehen kann in seinen Nöten: durch das Wissen.

Justus von Liebig heißt der unvergängliche Wohltäter der gesamten Menschheit, der endlich erkannte, wo des Übels Wurzel steckt, daß alles das Strafe ist für den Raubbau, den die Menschen seit Jahrhunderten an ihrem Ackerboden treiben. Er lehrte endlich einfach rechnen, und ebensoviel Kali, Phosphore, Stickstoff und Kalk dem Boden zurückgeben, wie man ihm entnimmt, indem man ihn mit solchen Salzen künstlich düngt.

Durch die Schaffung und Anwendung des Kunstdüngers[14]) hat Liebig die Welternten rund um ein Drittel erhöht. Man hat berechnet, daß solches vor der großen Geldentwertung im Jahre rund drei Milliarden Goldmark bedeutete. Drei Milliarden Goldmark, das ist in einer Zeit, in der man den dreißigfachen Wert dafür hinlegen muß, eine unausdenkbare Menge an Kulturerrungenschaften, an Spitälern, Schulen, Kunst und Wissenschaft, die sich die Menschheit gönnen kann, und für die ohne Liebig kein Pfennig vorhanden wäre. Statt dessen aber eine neue Hekatombe an Menschenleid, verschärftem Lebenskampf, Krankheit, Kindersterblichkeit, Wettbewerb, gegenseitigen Haß und Hartherzigkeit.

Zwischen den Jahren 1850 und 1880 hat sich die Kunstdüngung allgemein verbreitet, anfangs unter Widerstreben und langsam, dann, wenigstens in unserem Lande, allgemein. Kein Landwirt zweifelt heute im Ernst daran, daß hauptsächlich wegen der starken Anwendung von künstlichen Düngemitteln die deutschen Ernten in den letzten Jahrzehnten so gewaltig gestiegen sind.

Mit einem Schlag schien durch die Liebigsche Theorie und die Kunstdüngung die ganze Bedeutung des Humus gegenstandslos geworden, und tatsächlich setzte unter ihrem Einfluß zunächst auch eine starke Mißachtung des Humus in der Landwirtschaft ein. Das echt menschliche Schicksal ereignete sich auch hier wieder: vom einen Extrem fiel man ins andere. Nur erst langsam stellte sich das Gleichgewicht her, und das ging so zu:

Es war zu erwarten, daß die Kunstdüngersalze im Boden durch den Regen gelöst werden und mit ihm in die Tiefe sickern, bis sie den Grundwasserspiegel erreichen. So wenigstens müßte man sich nach den physikalischen Gesetzen einen völligen Mißerfolg der Kunstdüngung vorstellen. In Wirklichkeit aber verläuft das anders, und das ist wieder ein Verdienst des Bodenlebens und des dadurch erzeugten Humus. Ohne Humus wäre die ganze Kunstdüngung wertlos.

Die gesamten Humusstoffe besitzen nämlich eine Eigenschaft, auf die man erst in neuester Zeit aufmerksam geworden ist. Während die Kunstdüngersalze, so wie die natürlichen Bodensalze Kristalle sind, ist dagegen der Humus kolloidaler Natur.

Was ist darunter zu verstehen? Von allen den merkwürdigen Eigenschaften der Kolloide, die die Wissenschaft, die heute kolloidales Eisen und Gold darzustellen gelernt hat, auf diese Weise erfuhr, hat nur eine einzige für den Landwirt Belang. Diese aber allerdings in allerhöchstem Maße. Und das ist ihre enorme Adsorption. Mit dem Fremdwort soll gesagt sein, daß sie gleich einem Leim*) auf das allerzäheste kleben und haften — mit anderen

*) Kolloid = leimartig.

Worten, daß kolloide Stoffe im Boden festhalten und davor bewahren, daß sie ausgewaschen oder in die Tiefe gespült werden.

Die Fachwissenschaft[15]) drückt das so aus: daß der Ackerboden durch seine Hydrogele von Kieselsäure, Eisen und Aluminium sowie durch die kolloidalen Humussubstanzen die kolloidal gelösten Düngerstoffe adsorbieren kann.

Entkleidet man das der Fachsprache und übersetzt es in deutsches Denken, so ist damit gesagt, man habe gefunden, daß durch Fäulnis und Verwesung Kolloide, d. h. Substanzen, entstehen, die quellbar sind und dadurch bindende festhaltende Wirkungen ausüben. Auch die Kieselsäure im Boden zeigt durch Verwitterung manchmal eine ähnliche Wirkung wie der Humus, ebenso (in Roterden und Sanden) oft auch das Eisen. Das alles, namentlich aber der Humus, sind nun die Ursachen, warum die in den Boden gebrachten Stickstoff-, Kali-, Phosphorsalze nicht weggeschwemmt, sondern dauernd in der Region erhalten bleiben, aus der die Pflanzenwurzeln schöpfen.

Es ist demnach vollkommen richtig, daß ohne Humus auch die beste Kunstdüngung versagen würde, und daß nach wie vor der Landwirt größten Bedacht nehmen muß, daß sich der Humus in seinem Acker nicht vermindre, eher denn vermehre.

Die alte Erfahrung der Praktiker, daß der Humus mit größter Kraft die Pflanzennährstoffe gegen das Auswaschen zurückhalte,[16]) hat so nur eine neue, tiefer dringende Erklärung erfahren, und nach wie vor strahlt als goldenes und oberstes Gebot des Landwirts und Gärtners der Satz:

Die Erhaltung und Vermehrung der Humusmenge im Boden ist eine der wichtigsten Aufgaben der Bodenkultur.

Nachdenklich stimmt diese uralte und neubegründete Einsicht, wenn man sie nur erst einmal in ihrer ganzen Tiefe erfaßt hat. So sonderbar ist also dieser Zusammenhang der Dinge geordnet, daß die Toten mit segnender Hand die Nahrung für die Lebenden festhalten da drunten in dem Dunkel ihres Grabes? Denn was ist denn Humus anderes als die Toten? Alle Toten: die Wälder, die da rauschten unseren Voreltern, die Blumen, die für sie blühten, die heiteren Vögel, die ihnen sangen, die Kornfelder, die ihren

Sommer mit würzigem Brotgeruch erfüllten und sie selber auch, die vor uns gingen und liebten und ernst und fröhlich waren in ihren dunklen und guten Tagen. Ein oder einige Jahrhunderte gehen über die Welt, und sie alle sind dunkler, feiner Humus voll Erdgeruch und neuem Leben. Die Handvoll da, die ich davon aufnehme, war eine Welt und ist wieder eine, die mir und uns allen das tägliche Brot mit allen Freuden und Reichtümern, die daran hängen, zubereitet und erhält. Ist das nicht eine der sinnigsten, ehrwürdigsten Vorstellungen? Hat da nicht der Tod jeden Schrecken verloren? Und muß es nicht dem, der mit solchem Wissen auf einen so gewohnten Gegenstand wie die Heimatscholle blickt, ein lieber und vertrauter Klang sein, wenn er zu ihr sagt: Mutter Erde, meine Mutter Erde, aus der wir kamen und zu der wir werden . . .

Und doch war auch mit der Erkenntnis der Kunstdüngung und der Bodenkolloide noch nicht alles entschleiert von den Geheimnissen der Ackerkrume, so wie auch die Liebigsche Tat dem grenzenlosen Bodenhunger der Menschheit nur auf kurze Zeit Einhalt gebot.

Es wäre eine Untersuchung für sich, wie weit der ungeheuer rasche Aufschwung des Volkswohlstandes und der Zivilisation von 1850 bis 1900 mit den Verbesserungen der Landwirtschaft zusammenhängt, die durch Liebig eingeleitet worden sind; Tatsache ist, daß seit 1900, wenigstens in Mitteleuropa, die Ernte wieder nicht mehr der unter dem Einfluß jenes Wohlstandes außerordentlich stark angeschwollenen Kopfzahl genügte und damit neuerdings eine schleichende Ernährungskrise begann, die ihren erschrecklichen Abschluß in der mitteleuropäischen Hungersnot von 1916—1919 hatte. Hand in Hand damit ging die Ländergier, der Imperialismus, die Industrialisierung und Proletarisierung, die Unterernährung und die revolutionäre Gesinnung weiter. Schon vor dem Kriege mußte Deutschland rund ein Drittel seiner notwendigen Lebensmittel aus dem Ausland einführen, und heute ist das Mißverhältnis noch ärger.

Wieder schreit das Leben unseres Volkes — und mehr oder minder das aller europäischen Völker — danach, auf unserem Boden nochmals Liebigs Großtat zu leisten und die Ernte neuerdings um ein Drittel zu steigern.

Das ist die brennende Aufgabe von heute, es ist das eigentliche Zeitproblem, dessen Lösung alle anderen, sowohl die sozialen, wie

die wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Probleme in sich schließen würde.

Und rastlos arbeiten Forschung und technisches Können daran, dieses Problem zu lösen. Der eine Weg ist die Verbesserung der landwirtschaftlichen Maschinen und Methoden, und die Praktiker wissen, daß er nicht ohne Aussicht ist. Der andere ist eine rationellere Ausnützung des vorhandenen Bodens durch richtige Erkenntnis seiner besten Eignung,[17]) der dritte Weg führt wieder in den Boden hinab und knüpft an Liebigs Lebenswerk an.

Da wäre zunächst der kleine Satz, der am Eingang dieses Abschnittes (S. 43) wohl sicher jedem meiner Leser entgangen ist. Es heißt dort, die Pflanze gehe, wenn man eine Keimpflanze daraufhin untersucht, mit dem Boden in zweifacher Beziehung eine innige Beziehung ein. Die eine führte zur Erkenntnis der Ausnützung der Mineralsalze und im Verfolg dieser Einsicht zur Notwendigkeit der Kunstdüngung, von der die Menschheit solange sie Ackerbau treibt, auch niemals mehr wird lassen können.

Die andere Beziehung wird man am besten erkennen, wenn man nicht einen Getreidekeimling, sondern eine junge Buchenwurzel aufmerksam betrachtet. Man wird dann finden, daß ihre Endchen mit Pilzfäden verwachsen, sie selbst mit den feinen Pilzfäden in innigem Zusammenhang ist, die allenthalben den Boden durchziehen und aus sich auch alle die bunten Pilzhütchen hervorbringen, die bald eßbar, bald giftig jedermann bekannt sind als Schmuck des Wald- und Wiesenbodens (Abb. 16).

Dem einigermaßen botanisch Gebildeten ist nichts Neues damit gesagt. Die altbekannte Pilzwurzel (Mykorhiza) ist's, die sich an fast alle wurzelnden Gewächse anheftet, mit ihnen in Gemeinschaft lebt und ihnen so unentbehrlich wird, daß sie eingehen, wenn man sie in einem pilzfreien Boden erziehen will. Diese Mykorhizen sind im innigsten Zusammenhang mit den Pilzmassen des Humusbodens. Namentlich der Waldboden ist keineswegs bloß ein Trümmerhaufen einstiger Pflanzen- und Tierbestandteile, sondern oft zum wesentlichen Teil eine lebende Masse von Pilzfäden, die mit den Wurzelpilzen zusammenhängen. Deshalb hat der Förster auch alles Recht — wie er es neuerdings tut — sich gegen das unbekümmerte Zerstören und Zertrümmern der Pilzhütchen im Walde zu wehren. Sie gehören zu seinem Kapital und nicht bloß zu seinem Schmuck; wer sich an ihnen versündigt, stört den großen Stickstoffhaushalt

des Waldes, ohne den bald die Waldrente auf das Empfindlichste sinken würde.

Denn das ist — mag man im einzelnen über den Wurzelpilz auch noch immer im unklaren sein — doch ganz unzweifelhaft, daß er die grüne Pflanze mit Stickstoff bereichert.

Und dieser Stickstoff ist der einzige dunkle Punkt im ganzen sonst so wunderbar geordneten Haushalt der Kulturpflanze. Der Getreidehalm ist in der Lage des auf dem Floß dahintreibenden Schiffbrüchigen, der wohl ein Faß Heringe und Brot gerettet hat und dadurch vom Hungertode bewahrt ist, nicht aber vom Verdürsten, trotz der Wasserwüste, die ihn umgibt. So wiegt sich der Halm in einem Meer von Stickstoff (zwei Drittel der Luft sind Stickstoff), kann es aber ebensowenig nützen, wie unserem Körper das Salzwasser. Man hat den Versuch gemacht und eine Pflanze unter einer Glasglocke gezogen; man konnte den Versuch noch so lange fortsetzen und fand dennoch keine Änderung im Stickstoffgehalt der eingeschlossenen Luft.

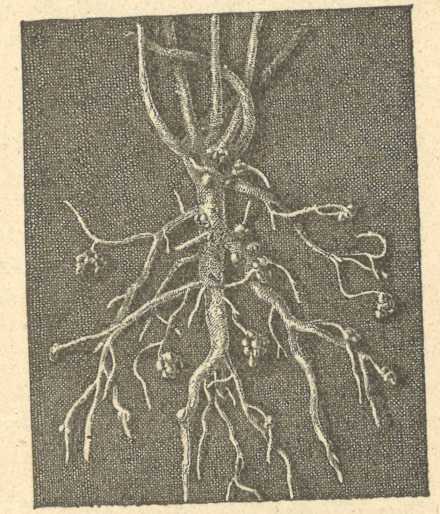


Abb. 15. Knöllchenbakterien an den Wurzeln einer Lupine. Schwach vergrößert.

Es ist aber die Getreidepflanze darauf angewiesen, ihren sehr großen Stickstoffbedarf irgendwie aus dem Boden zu entnehmen. Und die jahrtausend alte Erfahrung der Landwirtschaft sagt, daß ihr das auch gelingen muß, denn sonst gäbe es schon längst keine Ernten und damit auch keine Menschen mehr.

Schon die ersten und einfachsten Erwägungen dieser Tatsache führten zu einem merkwürdigen und zunächst unverständlichen Ergebnis.

Betrachtet man den Stickstoffhaushalt eines Stückes Naturboden, z. B. eines Waldes, so wird man finden, daß dieser niemals Stickstoffmangel leiden kann. Denn der Humusgehalt in seinem

Boden nimmt ständig zu. Humus aber ist, wie wir schon wissen, stickstoffreich. Humus vermehrt also den Nährstoffvorrat; eine Erde aber, die alle Jahre bearbeitet wird, verarmt, gleichgültig wie reich die Düngerzufuhr ist.

Erfahrung, diese beste und sicherste aller Wissenschaften, hat dem Menschen längst gezeigt, daß er nicht jedes Jahr das gleiche anbauen darf, sondern abwechseln muß mit der Besiedelung seiner Grundstücke. Jedermann weiß davon und kennt es als Dreifelderwirtschaft. Trotzdem würde sehr bald ein merklicherErnterückgang eintreten, wenn man nicht im vierten Jahr eine Ruhezeit einschieben würde. Das ist die Brache. Wenn diese den Boden auch kräftigt, so wird er doch müde, man mag ihm Kunstdünger geben, so viel man will.

Es gibt also irgendwo ein Defizit, und da es nach dieser Erfahrung nicht in der mineralischen Ernährung liegen kann, muß es im Stickstoffhaushalt gefunden werden.

Leicht ist es heute, darüber gelehrt zu sprechen. Wer aber hat dem Menschen Anno tausend vor Christus das Richtige gesagt? Geschehen ist es, denn der Mensch hat schon damals das Richtige getan als Zeichen dessen, daß er darum wußte. Er hat mit Mist gedüngt, wie prähistorische Reste beweisen.

Im Stallmist wird Stickstoff in den Boden gebracht, in einer Form und unter Umständen, die der Pflanze ermöglichen, ihren Stickstoffhaushalt immer wieder in Ordnung zu bringen. Deshalb ist der Düngerhaufen die „Seele der Landwirtschaft".

Einmal soweit, sind die Folgerungen Schlag auf Schlag leicht zu ziehen. Was ist der Düngerhaufen, was ist Kompost? Es sind Abfälle von Tieren und Verwesungsstoffe. Diese Stoffe sind im Wald nie weggeführt worden. Seine Bodenstreu ist ein natürlicher Düngerhaufen, der sich in Humus verwandelt. Deshalb ist sein Stickstoffhaushalt völlig unangetastet, so lange man ihn nicht der Streu beraubt. Der Förster weiß sehr wohl, warum er sich dagegen wehrt, zu viel Streu abzugeben.

Diese natürliche „Streu" muß man nun auch den Feldern verschaffen, dann sind auch für sie die natürlichen Verhältnisse hergestellt. Das ist der wahre Sinn der Stalldüngung; nichts anderes als die Wiederherstellung der Naturgesetzlichkeit.

Der Bauer und Gärtner macht dadurch den durch den einseitigen Feldbau und Gartenbau entnatürlichten Boden wieder schlecht und recht natürlich.

Das ist einzusehen, ohne alle Wissenschaft. Das lag auch unausgesprochen, aber durch die Tat befolgt, seit Urzeiten im Wissen des Volkes und wurde zur ehrwürdigen Tradition. Aber nur zu einer, die bloß annähernd, nicht aber vollständig das Naturgesetz erfüllte. Darum blieb immer noch ein Defizit. Jenes, auf das in dem Vorstehenden immer wieder hingedeutet wurde, und das sich darin ausdrückt, daß die Stickstoffversorgung der Felder immer ein Sorgenkind ist und Ackerbau den Boden langsam ärmer macht, während ihn natürliche Vegetation bereichert.

Daraus war der zwingende Schluß zu ziehen, daß wir irgendwelche Naturgesetze in der Bodenkultur nicht erfüllen.

Und an diesem Punkte, wo die reine Erfahrung nicht mehr half, setzte nun seit einer Generation die wissenschaftliche Forschung ein.

Sie fragte sich zunächst, welche Art von Stickstoffverbindungen denn die Pflanze aus dem Boden aufnehmen kann. Und da stellte sich heraus, daß es nur wasserlösliche Verbindungen der Salpetersäure sind, für die sich als handliche Bezeichnung der Ausdruck Nitrate eingeführt hat. Es müssen daher alle stickstoffhaltigen Verbindungen, die Eiweiße, der Harnstoff, die Substanz der Haare und Nägel, die Hauptbestandteile der Verdauungsabfälle in irgendeiner Weise nitriert, d. h. in salpetersaure Salze umgewandelt werden. Der Chemiker kann das, indem er sich diese Arbeit in drei Etappen zerlegt. Zunächst bereitet er Ammoniak, jedermann bekannt durch seinen starken und stechenden Geruch und dessen Verbindungen. Dann macht er daraus salpetrige Säure und deren Kreis. Und diese werden dann noch oxydiert zu den Nitraten, die von der Pflanze gewünscht werden.

Unter den natürlichen Verhältnissen im Boden finden sich nun aber auch die Anfang- und Endstadien dieses Vorganges. Im Laufe jeder Fäulnis entsteht durch die Fäulnisbakterien und Pilze Ammoniak; stets sind aber auch die Nitrate da. Also muß jemand auch die Umwandlungsarbeit leisten.

Da ist auch schon die ganze so ungeheuer verwickelte Angelegenheit auf eine einzige Frage vereinfacht. Wer ist dieser Jemand im Boden?

Es ist jetzt rund ein Menschenalter her, seit man unter dem Einfluß der damals alle Gemüter in Bewegung setzenden Bakteriologie

durch Pasteur auf den Gedanken verfiel, auch im Ackerboden nach Bakterien zu suchen. Natürlich fand man sie (denn wo sind keine Bakterien!) und unterschied bald viele Arten von Bodenbakterien[18]) und ihrer Wirkungen, womit die Arbeiter der oben erwähnten Umwandlungen entdeckt waren.

Heute gibt es eine ganze Mikrobotanik des Bodens. Man kennt Spaltpilze (die Nitritbakterien), die mit Hilfe des Sauerstoffes der Bodenluft das Ammoniak von den Fäulnisbakterien übernehmen und zu salpeteriger Säure verbrennen, wobei Wasser frei wird. Dann greifen in diese Nitrite die Nitratbakterien ein, die wieder unter Verwendung von Luft eine höhere Oxydation einleiten, und die von der Getreidepflanze gewünschte Salpetersäure in Nitratform zubereiten. Außer dieser gibt es aber auch Spaltpilze, die einfach den Stickstoff der Bodenluft aufarbeiten. Man kann sie ohne Vergrößerungsglas und Laboratorium in jedem Augenblick sehen, wenn man eine Lupine oder sonst eine Hülsenfrüchtlerpflanze aus dem Boden zieht (Abb. 15). Auf den Wurzeln sitzen zahlreiche Knöllchen, die nichts anderes als Behälter für ganze Spaltpilzkolonien sind, die freien Stickstoff aufnehmen, sich aber von den Leguminosen einfangen lassen gleich dem Wurzelpilz und dann von ihnen gleich aufgenommen werden. Und schließlich gibt es auch für den Stickstoffhaushalt des Ackerbodens schädliche Spaltpilze, die „denitrifizieren“, d. h. aus den Nitraten wieder freien Stickstoff abspalten und die ganzen Vorgänge zunichte machen und umkehren.[19])



Abb. 16. Pilzwurzel (Mykorhiza) an einer Buche im Boden, zugleich ein Bild für die gröbere Struktur eines fruchtbaren humusreichen Bodens. Von dem Wurzelpilz gehen Stränge von Bodenpilzen aus, die mit Hutpilzen (Steinpilz, Erdstern, Fliegenschwamm u. a.) in Verbindung stehen. Originalzeichnung.

Von alledem war und ist dem praktischen Landwirt nur eines bekannt, und da er gewöhnt ist, alle seine Kenntnisse sofort in lebenden Nutzen umzugestalten, hat er sich daraus auch sofort eine Methode der Verbesserung seiner Ernten zurechtgelegt. Das ist die sog. Gründüngung.

Nichts anderes ist das, als grünen, gesunden und lebensfrohen Pflanzen ein Erdgrab zu bereiten, indem man sie einackert und verfaulen läßt. Man wählt dazu fast ausschließlich schmetterlingsblütige Pflanzen und Hülsenfrüchte, Klee, Luzerne, Lupinen. Längst wußte man, daß solche Gründüngung den Stalldünger, vielmehr noch die teuren Kunstdünger ersetzt und den Boden mit Stickstoff bereichert. Der Zusammenhang ist sonnenklar. Die Knöllchenbakterien sind es, die die unschuldigen Hülsenfrüchtler ins Verderben ziehen. Das Mittel ist zwar barbarisch, Landwirtschaft aber ist keine Beschäftigung für sentimentale Gemüter. Was hier primitiv geschah, das ist nun aber im Licht der neuen Kenntnisse zu einer wahren Wissenschaft erhoben.

Die Stickstofffrage ist damit plötzlich von einer chemischen zu einer biologischen Frage geworden und hat dadurch zwar von ihrer mathematischen Exaktheit verloren, aber neue Möglichkeiten gefunden, zu der so gewünschten neuerlichen Erntesteigerung zu gelangen.

Indem man unter dem Einfluß dieses Gedankens dem heimlichen Bodenleben erhöhte Aufmerksamkeit zuwendete, hat man entdeckt, daß der Stickstoffhaushalt des Bodens nicht von den Heinzelmännchen der Spaltpilze allein besorgt wird, sondern auch noch von vielen anderen Mitarbeitern.

Das ist die neueste Einsicht der Bodenkunde, die sich ihre allgemeine Anerkennung freilich erst erringen, ihre Nutzanwendung erst erarbeiten muß.[20])

Es gibt doch im Ackerboden, wie wir schon wissen, eine Fülle von Leben tierischer und pflanzlicher Natur, das selbstverständlich sich an dem Umsatz stickstoffhaltiger Substanzen beteiligt.

Die einen davon verzehren Stickstoff. Das sind zunächst einmal alle Tiere. Die anderen stellen geeignete Verbindungen von Stickstoff her. Und das kennen wir ja bereits von den Mykorhizapilzen.

Hier hatte die Forschung einzusetzen. Und sie setzte auch ein mit dem Ergebnis, daß sie eine ganze neue Welt eröffnete.

Um sie kennenzulernen, hat man seit mehr denn zehn Jahren rastlos Bodensorte um Sorte erforscht. Aus allen Tiefen, in die noch Pflanzenwurzeln hinabreichen, hat man Krümelchen um Krümelchen unter dem Vergrößerungsglas durchmustert, die gefundenen Tiere und Pflanzen in ihrem Leben und Treiben beobachtet,

sie gezüchtet, ihre Zahl und Bedeutung ergründet, auf ihre gegenseitigen Zusammenhänge achtgegeben, ihr Verhältnis zu der großen Stickstofffrage der Landwirtschaft besonders beachtet. Zu allen Jahreszeiten ist das geschehen, in alle Klimate ist man ihnen gefolgt, unter allen Höhenlagen, soweit Pflanzen wachsen, hat man sie beachtet. Ich habe mehr als 600 solcher Bodenuntersuchungen angestellt im ganzen Bereich der deutschen Land- und Forstwirtschaft, in der bayrischen Kornkammer des Reiches, auf den Zuckerrübenböden der Provinz Sachsen, im dürftigen altpreußischen Kartoffelland und in den fetten Marschen Niedersachsens. Im Garten Deutschlands, im gesegneten Schwabenland, bin ich umhergezogen mit Bodenbohrer und Sammelglas, auf den Hochbergen der Alpen bin ich darob umhergeklettert bis zu den Firnen des Montblanc und den schmalen Rasenbänken der Tiroler Kalkalpen, in Holland, Österreich, in Italien und Frankreich habe ich Böden analysiert, für Ungarn den besten Weizenboden, für die damals noch kaiserliche russische Regierung neuerschlossenen Ländereien in Turkestan; den altheiligen Boden des Niltales habe ich bodenbiologisch erforscht, in afrikanischen und arabischen Wüsten gearbeitet, den Urwaldhumus des zentralen Afrikas habe ich kennengelernt. Und so erstand langsam eine neue Wissenschaft: die **Edaphologie**, d. h. die Kunde von den Lebewesen des Bodens, die ein Gegenstück zur Planktonkunde ist, aber im Dienste weit größerer materieller Interessen als diese steht.

Wunderbare Dinge kamen dadurch zutage. Zunächst Tiere der allermerkwürdigsten Art. Besondere Erdinsekten, Stutzflügler, winzige Käferchen[21]) mit besonderen Anpassungen an die unterirdische Lebensweise, dann die barocke Welt der Erdwürmer, von denen ich schon gesprochen habe, jene der Rädertiere (Abb. 11) und unterirdischen Milben und Spinnen. Dazu die drolligen Bärtierchen, die unbehilflich unter Moosen hausen und nur im Notfall mit ihren plumpen krallenbewehrten Beinchen zappeln.

In Hunderten der schönsten und merkwürdigsten Gehäuse sitzen namentlich im Waldhumus die Wurzelfüßler (Abb. 9 u. 10), deren Biotechniken allein ein ganzes Buch füllen könnten.

Wie eine Spinne im Netz, so krabbelt eine **Erdgromia** im Gefädel ihrer feinen blitzenden Scheinfüßchen und spinnt und zieht leise in den engen Gängen ihres unterirdischen Wohnortes. Weithin strecken sich die glasklaren Fäden, in denen der Lebensstoff

Körnchen um Körnchen rollt. Ein stetes Wandern und Fließen verbindet das letzte der ausgestreckten Füßchen mit der inneren Kammer, in der wohlgeschützt das eigentliche Tier haust. Es ist wie ein winziger Minotaurus, ein Schreckenswesen in unterirdischer Höhle, das ununterbrochen Opfer fordert und den Tribut auch herbeizieht in Gestalt von gefangenen kleinen Kieselalgen und Schwingfäden. Wäre so ein Tier groß, etwa von der Größe der Riesentintenfische, mit denen es gestaltlich ein wenig Ähnlichkeit hat, dann wäre die Welt erfüllt von grausenmachenden Erzählungen über seine Untaten und seine Gefährlichkeit.

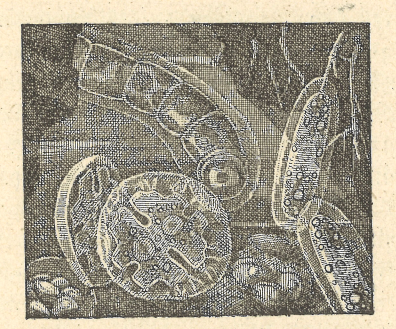


Abb. 17. Erdalgen in den obersten Regionen des garen Ackerbodens, bei sehr starker Vergrößerung gezeichnet. Aus der Erde dringen die Wurzelfäden einer Botrydiumalge. Davor stehen zwei grüne Zellen von Mesotaenium mit vielen Stärkekörnchen. Neben ihnen liegen Vertreter der Alge Stichococcus. In durchsichtige Gallerthüllen gehüllt sind die zwei Euastrumzellen, hinter denen ein Fadenende der Kraushaaralge (Ulothrix) sichtbar wird. Nach der Natur.

So hockt es verschwiegen und klein wie ein Sandkörnchen unter unseren Füßen im Garten und erfüllt nur die Welt der Schiffchenalgen mit Gefahren und Schrecken.

Oder da sind die Mosaiktierchen (Abbildung 10), unzählbar häufig in jeder Handvoll Fichtenwalderde, die die erstaunliche Kunst verstehen, die kleinen Glimmerplättchen und Quarzkörner ihres Aufenthaltsortes mit ihrem schneckenfußklebrigen „Füßchen" heranzuziehen und sich auf der Schale anzukitten, in der sie wohnen. Prachtvolle Mosaike stellen diese kleinsten aller Kunstgewerbler dadurch her, die ihr Entstehen wohl nicht einem Schönheitssinn, sondern vielmehr dem Bedürfnis verdanken, das schwanke und hauchzarte Schneckenhäuschen, das so ein Wurzelfüßler mit sich schleppt, widerstandsfähiger zu machen.

Das alles sind die Stickstoffzehrer. Aber viel wichtiger als sie sind die Stickstoffmehrer, ausschließlich Kleinpflanzen von abenteuerlicher Form und Lebensweise.

Einige davon sind schon genannt, wie die Kieselalgen und Schwingfäden, aber es gibt noch viel mehr und ganz andere.

Da sind die Protococcuskugeln, die man schon vor vielen Jahren **humicola** (= **Cystococcus humicola**), d. h. die

Humusbewohnenden nannte, weil man eben fand, daß sie nirgends im Humus fehlen. Mit ihnen zusammen finden sich wunderschön grüne Zieralgen. Gewöhnlich kennt diese der Forscher nur vom Grund der Teiche, der stillen Waldweiher und namentlich der Moortümpel. Viele Menschen gibt es, die sie lieben, weil sie so überaus hübsch anzusehen sind. Das deuten schon ihre Namen an; einzelne hat man den „Schönen Stern" (= Euastrum), die anderen den Kleinstern (= Micrasterias) oder auch das Malteser Kreuz genannt, wieder andere würden verdienen, die Mondsichel oder der geschmückte Stab oder der Morgenstern zu heißen, denn in allen diesen Formen treten die Desmidieen auf, wie man die Zieralgen wissenschaftlich nennt. Dazu kommt, daß ihr Blattgrün das allerschönste Grün verwirklicht, das es gibt; es ist schöner als das Maienlaub der Buche, weil es von einem inneren Glanz durchzittert ist, als leuchte es von innen heraus und dazu noch ausgesprochen sonnengoldig, kurz wahrhaft edelsteinprächtig (vgl. Abb. 17).

Und solche, gleichsam aus Licht geborene und für das Licht bestimmte Wesen gibt es auch im dunklen, traurig grauen Reich der Hel. Man kann das gar nicht verstehen und muß es doch in seine Erinnerung eintragen, da gewisse Zieralgengattungen mit einer gewissen Regelmäßigkeit gerade den Ackerboden beleben. In ihrer Gesellschaft finden sich auch grüne Fadenalgen[22]) und sehr drollige, wie winzige Gnomen anzusehende strotzend dunkelgrüne Pflänzchen, die freilich immer wieder Gelegenheit suchen und auch finden, an das Tageslicht emporzudringen.

Man könnte sich die Existenz solcher assimilierender, auf das Licht angewiesener Pflanzen im dunklen Schoß der Erde gar nicht zusammenreimen, hätte sich nicht (vgl. Anmerkung 2) herausgestellt, daß diese Kleinwesen auch im Dunkeln assimilieren. Es ist das offenbar eine Anpassung an ihren Aufenthaltsort, sowie auch der Umstand, daß sie alle echte und wichtige Stickstoffsammler sind. Die Untersuchungen der französischen Edaphologen[23]) haben hierüber gar keinen Zweifel gelassen, und so hat sich ein uralter Glauben der Landwirte durch neuestes Naturwissen auf einmal aufs schönste gerechtfertigt.

Sicher haben viele aus der praktischen Landwirtschaft, denen dieses Büchlein vor Augen kommt, von ihren Eltern her schon den Erfahrungssatz gekannt, daß „grüne Schimmel" in den oberflächlichen Schichten der Erde ein Anzeichen guter Ackergare sind, werden

daher das oben Gesagte nun besonders gut verstehen, namentlich, wenn sie bedenken, daß diese Grünalgen auch die allerbesten „Durchlüfter" sind und als solche von Abwasseringenieuren schon seit langem hochgeschätzt werden.

Ihnen schließen sich aber auch die edaphischen Kieselalgen (Abb. 12) und Bodenpilze (Abb. 16) an, von denen die mit ihnen angestellten Versuche ebenfalls mit jeder Gewißheit ergeben haben, daß sie sich an Stickstoffumwandlung und Bereicherung des Bodens beteiligen. Gewisse Schimmelpilze sind Ammoniakbildner; die Pilze der Mykorhiza (und dazu gehören wohl letzten Endes sämtliche Bodenpilze) dagegen sind der gleichen Stickstoffassimilation fähig, wie die darob berühmten Bodenbakterien.[24])

Diese Kieselalgen und Bodenpilze aber sind im Acker und Garten in geradezu unschätzbarer Menge vorhanden. Meine Zählungen haben ergeben, daß 80 000 Kieselalgen in einem Kubikzentimeter guter Blumentopferde nichts Außergewöhnliches sind. Wenn man also den Wurzelraum eines mittleren Baumes mit 25 Kubikmeter Erde sicher zu gering als zu hoch einschätzt, so kann man ruhig sagen, daß die unvorstellbare Zahl von zwei Billionen Kieselalgen sich im Dienste eines einzigen Baumes ständig um dessen Stickstoffhaushalt bemüht. So wie die Unermeßlichkeit des Sternenhimmels zu unseren Häupten von je das Herz erschauern ließ im Gefühl, wie nichtig doch der einzelne Mensch ist gegenüber der Größe des Kosmos, so ist unserem Empfinden auch in der Richtung des kleinsten Raumes eine Unendlichkeit aufgetan, nicht weniger erhaben als das schimmernde Gewölbe da droben.

Es ist nur bloße Gewohnheit und Einstellung auf die grobe „Zoësis" der Menschen, auf die Beziehungswelt, die er unmittelbar zu seinem Leben braucht, wenn er die Genossenschaft der Bäume, die Rasen der Gräser und Blumen, die Polster der Moose, wenn er Wald, Erdschollen, Steine, Felswände, Berge und Auen, die Tiere, die darin umherlaufen und fliegen, Sonne und Mond, dazu die köstlichen Himmelslichter, die des Nachts funkeln, für die eigentliche Natur hält. Man prüfe sich nur auf sein eigenes, von innen her bestätigtes Empfinden hin, und man wird zugestehen, daß man eigentlich auch keinen anderen Naturbegriff gehabt hat. In Wirklichkeit aber ist das falsch.

Unser Dasein wird von Faktoren beherrscht, zu deren Erkenntnis unsere natürlichen Sinne nicht ausreichen. Der Hefepilz ist die

wichtigste Pflanze, denn ohne ihn gäbe es kein Brot, die Kieselalgen des Meeres erhalten die gesamte Lebewelt der Ozeane, also gut drei Viertel der gesamten irdischen „Lebensmasse" im Dasein, und die scheinbar unbelebten grünen Meereswogen bergen mehr Nahrungs- und Lebensstoff in sich als eine üppige, mahdreife Wiese. Der Bazillen unsichtbares Heer ist für Leben und Tod des Menschen verhängnisvoller als alle andere Pflanzen zusammengenommen. Ohne die Verwesungspilze gäbe es keine grünende, ewig erneute Welt, nur einen eklen Leichenhaufen. Und ohne die im Dunkeln hausende Heerschar der Bodenorganismen wäre kein Wald, noch Au, es grünten keine Felder noch Gärten, und alles Land wäre Wüstenei. Der Mensch aber wäre dann nie zum Leben gekommen.

Und dennoch fällt es uns so schwer, einen wirklichen erlebten Begriff davon zu haben, daß alles zu unseren Füßen da drunten lebt und mit diesem Leben an einem Webstuhl von tausend feinen Fäden hineingreift in den Alltag, ins tägliche Brot, die Gewebe, in die man sich kleidet, das Holz der Häuser und Geräte und das Papier, ohne das heute des Menschen Geist verdorren würde.

Ein Wunder ist schon die Welt der sichtbaren Dinge, die man betasten und damit auch „begreifen" kann. Ein noch viel größeres Wunder aber ist die kaum sichtbare oder ganz dem natürlichen Auge entrückte Welt des „E d a p h o n s",*) und ganz sicher sind wir uns trotz aller Forschungsmühe ihrer wahren Bedeutung immer noch nicht bewußt.

Nur das eine weiß man schon mit jeder Bestimmtheit, daß alle diese Erdlebewesen, die ich hier vorüberziehen ließ, die kleinen Insekten, die Erdwürmer und Milben, Bärtierchen, die Spaltalgen und Spaltpilze, die Bodenpilze und Kieselalgen, die Grünalgen jeder Art eine in sich geschlossene, miteinander durch zahllose Beziehungen verknüpfte Lebensgemeinschaft bilden, die eben ihre Sonderbezeichnung E d a p h o n ebenso rechtfertigt wie der „Wald", das Plankton, das Moor oder die Heide, die auch solche Lebensgemeinschaften geschlossener Art darstellen. Eines lebt in solchen Gemeinschaften (B i o z ö n o s e n nennt sie die Wissenschaft) von dem anderen, soweit nicht die Pflanzen, die auch hier die Grundlage des ganzen Kreislaufes bilden, für sich allein bestehen, denn sie leben von den reinen, immerdar vorhandenen Gasen der Luft

*) Edaphon (griech.) = das im Boden Lebende.

und Mineralien der Erde. Aber von den Algenpflanzen lebt das Heer der Wurzelfüßler und Infusorien, von diesen wieder die kleinsten Erdwürmer und Rädertiere. Das kleine Wurmzeug wird gefressen von den Insekten und Larven, alles Edaphon zusammen von dem Regenwurm, und wenn die Großen sterben, dann haben wieder die Kleinen zu leben. Die Kleinpflanzen schaffen Atem-

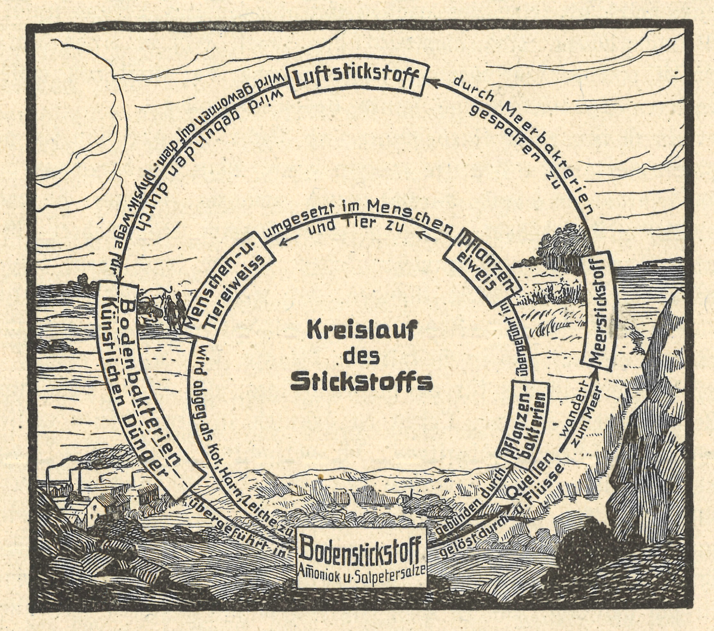


Abb. 18. Der Kreislauf des Stickstoffes in der Natur. Näheres siehe im Text S. 63.

luft für die Tiere, diese wieder Stickstoffnahrung für die Gewächse.

In einem prachtvollen Kreislauf (Abb. 18) wandert so der Stickstoff durch belebte Hüllen aus und ein auf Erden. Im Luftmeer breitet er sich unermeßlich, von dort reißen ihn die kleinen Bakterien und Algen und Bodenpilze hinab zu sich und verwandeln ihn in Ammoniak und Salpetersalze. Vom Boden holt ihn sich die Pflanze, verwandelt ihn in ihr Eiweiß. Mit der Pflanze gerät er in das sich von ihr nährende Tier, schließlich in den Menschen.

Im Menschen erlebt der Stickstoff für kurze Jahre das große Wunder des Bewußtseins, dann aber wird er wieder hinabgerissen an der Kette des Geschehens zur Erde, gerät wieder in die Macht

des Edaphons, soweit er nicht den Seitenweg einschlägt, gelöst vom Quellwasser zum Meer verfrachtet zu werden, in dem neue Denitrifikationsvorgänge ihn doch wieder eines Tages zur Allmutter Luft zurückbringen.

Der zentrale Punkt, in dem sich aller Stickstoff immer wieder sammelt, ist dabei das Edaphon, die Lebewelt des Bodens, die dadurch erkannt wird als eine der großen Grundlagen des Lebens unserer Erde überhaupt. Und niemand kann sagen, daß er einen klaren Begriff von den Gesetzen des Lebens habe, der nicht von diesem geheimen Bodenleben und seiner Bedeutung weiß.

Es ist von einer Ausdehnung und Macht, von der man sich gar keine anschaulichen Begriffe machen kann. Man hat berechnet, daß ein Hektar Ackerland durchschnittlich zwanzig Zentner Edaphon enthält.[25]) Das bedeutet, daß in jedem Gramm Erde mehrere Millionen der kleinen Bodenwesen leben, in der fruchtbaren Schicht der Erdrinde aber solche Mengen, daß man wohl den Ausspruch wagen kann, in dem Boden werde mindestens ebensoviel Leben ernährt, als auf ihm in Gestalt von Pflanze, Tier und Mensch.

Und was ist das für ein merkwürdiges, alle unsere Phantasien überbietendes seltsames Leben da drunten in den kleinen wasser- und luftgefüllten Erdspalten! Ich versuchte, in den hier eingestreuten Bildern einigermaßen das Bild der Wirklichkeit herzustellen, die sich einem Auge bieten würde, das, die Dinge viele hundertmal größer sehend, in die ewige Nacht unter uns blicken könnte. Diese Lebensweise hat ebenso sonderbare Anpassungen mit sich gebracht, wie sie auch das Dasein mit bizarren und unerhörten Gefahren bedroht. Von undurchdringlichem Dunkel kann zwar kaum gesprochen werden, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß ultraviolettes Licht noch viel tiefer hinabdringt als die übrigen Strahlen des Tageslichtes, das nach in meinem Institut angestellten Versuchen ohnedies erstaunlich weit, mindestens einige Dezimeter tief, wenn auch nur verloren hinabreicht. Damit erklärt sich auch wohl das so reichliche Vorhandensein von assimilierenden Grünpflanzen, wenn auch deren Blattgrün meist in eigentümlicher Weise verändert mit braunen (Kieselalgen) oder blauen (Spaltalgen) Farbstoffen vermengt oder farblos geworden ist. Eine viel ärgere Gefahr als das „Verhungern" also ist da drunten das Verdursten. Wohl sind hauptsächlich die mit Wasser gefüllten Ritzen der Aufenthaltsort für das Edaphon, aber wie oft sperrt Bodenfrost diese

Wasserleitung, wie lange dörrt und dürstet in den Sommerwochen der Boden nach dem belebenden Naß!

Der amerikanische Dichter Poe hat in seinen Höllenphantasien sich einmal eine Erzählung von einem Kerker ausgedacht, dessen Wände sich ständig von allen Seiten verengen. In solchem Gefängnis aber leben die Kieselalgen und Wurzelfüßler des Ackerbodens dauernd. Wenn der Boden austrocknet, schwindet nicht nur das Naß, sondern die kleinsten Spalten werden auch zusammengedrückt, und ihre unglücklichen Bewohner sind einem für ihre Verhältnisse ungeheuren Erddruck ausgesetzt. Die größeren, die Insekten und Würmer, können entfliehen, sie flüchten auch vor dem Austrocknen entweder in die Höhe oder hinab in die feuchteren Gründe. Die Kleineren aber sind zwar beweglich,[26]) aber sie marschieren langsam und kommen dadurch nicht heraus. Also heißt es, sich der schrecklichen Änderung in den Verhältnissen der Umwelt anpassen. Und sie haben das auch mit einer wahren Meisterleistung vollbracht. Anpassung an Austrocknen ist es, wenn alle Erdalgen durchgängig große gallertige Hüllen (man vgl. besonders Bild 13 u. 17) um sich legen, die Wasser auf das zäheste festhalten und dadurch das kleine zarte Leben in sich auf das Trefflichste schützen, zugleich aber auch durch ihre Elastizität vor dem Zerdrücken bewahren. Anpassung ist es, wenn die Erdkieselalgen (vgl. Abb. 12) durchgängig sehr starke Schalen aus Quarz (Kieselsäure) um ihr verletzbares Inneres bilden und Festigungseinrichtungen besitzen,*) die geradezu ideale technische Leistungen nach dem Satz: Größte Leistung beim kleinsten Materialaufwand sind.

Anpassung sind auch die aus festem Material erbauten Häuschen der Erdwurzelfüßler (Abb. 9 u. 10) und vor allem die Gabe aller dieser dem Edaphon angehörigen Tiere und Pflanzen, bei langandauernder Trockenheit, oft kugelig zusammengezogen und in selbstausgeschiedener Hülle wohlverpackt, sonst aber ganz starr und scheintot in einen Ruhezustand zu verfallen, in dem sie Jahre zubringen können.

Als man die Fähigkeit dieses Scheintodes (Anabiose) vor reichlich dreihundert Jahren entdeckte, erregte das maßlose Aufsehen unter den Gebildeten, und man gab sich den lächerlichsten Fabeleien darüber hin. Unter anderem tauchte auch der Gedanke

*) Vgl. darüber mein Kosmosbändchen von 1920: Die Pflanze als Erfinder.

auf, ob nicht der Mensch auch einen solchen „ewigen Kern" besitze, in dem er der Auferstehung des Jüngsten Tages entgegenharrt.

Unser Geschlecht ist heute nicht mehr so phantasievoll, dafür ist aber die Wirklichkeit noch viel phantastischer, als man es damals wußte oder auch nur ahnte. Denn die anabiotischen Rädertiere, die eingekapselten Infusorien und Amöben, die in Sporen verwandelten Bakterien, die Pilzsporen und, in ihren gläsernen Särgen erstarrten, Kieselalgen erheben sich aus dem trockenen Boden sogar in die Lüfte bis Montblanchöhe und reisen mit den Winden um die ganze Welt.

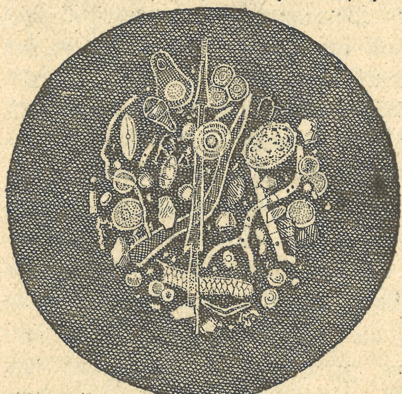


Abb. 19. Die Bestandteile des Staubes. Ein Häufchen Staub der städtischen Straßen unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung betrachtet. Man erkennt folgende Bestandteile: Mineralkörner, Schimmelpilzfäden, Pflanzen- und Tierhaare, Wollfaden, Rußflöckchen, Öltropfen (aus dem Rauch der Fabriken), Zysten, Pilzsporen, Hefezellen Cystococcus-Zellen. (Vgl. Abb. 13.) Schale von Trinema (s. Abb. 9) mit Zyste, Rädertieren, Kieselalgen, Nach der Natur gezeichnet vom Verfasser.

Wenn das Erdklümpchen, in dem sie leben, austrocknet, erheben sich mit jedem Windstoß daraus Staubwolken und mit diesen auch die zahllosen „Zysten", Sporen, Eier und trockenstarren Mumien der Bodenwesen. Mit jedem Atemzug schlucken wir solche; überall, in den Stadtstraßen, auf dem freien Lande, in der Stube so gut, wie im angeblich vom „reinen Äther" umfluteten Berggipfel oder auf dem freien Meere, fern von jedem Land, schweben diese kleinen Wesen. Wo immer man Staub mikroskopisch untersuchte, hat man auch sie gefunden (Abb. 19). G. Chr. Ehrenberg,[27]) ein deutscher Naturforscher der Biedermeierzeit, hat 14 Jahre lang sich solchen Untersuchungen hingegeben und eine Allverbreitung der Kieselalgen, Wurzelfüßler und sonstigen Einzeller, der Rädertiere und Fadenwürmer festgestellt. Andere haben die Weltreise der Bodenbakterien untersucht und bestätigt gefunden. In den westafrikanischen Staubströmungen beobachtete Ehrenberg 308 verschiedene organische Formen; der Passatstaub auf den großen Ozeanen enthielt 49 Spezies; auf dem Monte Rosa saßen die Edaphonformen ebensogut wie auf dem ewigen Schnee der Polarnacht. Und in jedem Boden kommen sie so weit zum Leben, als er Feuchtigkeit enthält. Den reinen Sand der Sahara fand ich vollkommen frei von Edaphon; allerdings ernährte er dort auch nicht eine einzige Pflanze. Im tiefschwarzen Humus der tropischen und der heimischen Urwälder unter erstickender und höchster Vegetationspracht fand ich auch das reichste Bodenleben.

Mit diesen Erkenntnissen schloß sich dann der Kreis. Was die uralte Sprichwortweisheit von China bis Bagdad überall sagt, daß die Länder durch fremde Erde von oben befruchtet werden, das hat nun die Wissenschaft bestätigt und auch verständlich gemacht.



Abb. 20. Die Lebewelt in der Jauche. Der Bodensatz einer Mistpfütze ist eine Reinkultur von Mikroorganismen. Zu unterst sind zahllose Schimmelpilze (Oidium, Mucorhefen, Moniliaformen u. s. w.) untermengt mit Zoogloeen von Bakterien, Dauersporen und Palmellen von Änderlingen (namentlich rechts vorn). In der Jauche schwimmt ein ganzer Zug der Flagellatengattung Cercidium, vereinzelt Änderlinge (Euglena stagnalis), die von Pilzen befallen werden, viele Jauchealgen (Polytoma) in allen Stadien der Vermehrung, Monaden und zahllose Fäulnisbakterien, unter denen die schraubenförmigen großen Vibrionen sichtbar sind. Das Gebilde im Hintergrund ist das Flöckchen eines Strohhalmes. Bei starker Vergrößerung gezeichnet und zusammengestellt vom Verfasser.

Ganz klar ist es nun auch geworden, weshalb der Stalldünger dem Landwirt unentbehrlich ist und wahrhaft Mittelpunkt und Seele der Landwirtschaft. Auch er enthält Edaphon, er und der Kompost ist nichts anderes als eine wahre Kultur von Edaphon, eine Massenzüchtung der Bodenlebewesen.

In dem Augenblick, in dem einem das klar wird, eilt man auch schon zum Untersuchungstisch. Auf Abbildung 20 zeigt sich ein Bild aus der Welt des Düngerhaufens. Und was sieht man? Die altvertrauten Formen aus dem Edaphon.

Man hat Stalldünger und Jauche in den letzten Jahren auf das eingehendste untersucht und kennt heute eine besondere Düngerfauna und -flora. Sie besteht hauptsächlich aus den Spaltpilzen der Fäulnis- und den Bodenbakterien, aus Sproß- und Schimmelpilzen, sowie Infusorien. Manche von den bekannten Bodenpilzen sind darunter. Dazu sind Nitriie und Nitrate da, ferner Ammoniak, die Eiweißstoffe aus den Abfällen, Humus in seinem ersten Vorstadium. Manches aber fehlt. Es fehlen viele wertvolle

Bodenpilze, die Durchlüfter und die Durchschaufler. Grünalgen, Kieselalgen, Kleintiere, alles das ist nur in Spuren vorhanden. Mist ist eigentlich nur eine Mischkultur von Bakterien und Pilzen.

Und da erkennt man nun die Lücke im Ring; hier dämmert die Möglichkeit, hier beginnt der Weg zur neuen Liebigtat.

So wie der Mensch gelernt hat, die Kleinarbeit des Edaphons im großen zu verrichten, indem er pflügt, eggt, den Boden umgräbt und hackt und gießt, so muß er auch lernen, seinem Kulturboden stets die ganze Kleinarbeit, die dieser braucht, um seine Kreisläufe optimal zu verrichten, zuzuführen.

Was die mechanische Bodenbearbeitung in Wirklichkeit ist, das versteht nun jeder, der dieses Büchlein gelesen hat.

Das Ackern ist ein Durchlüften, ebenso das Durchschaufeln. Das Hacken und Eggen ist ein grobes Krümeln und Mengen. Alles, um die Verwitterung zu beschleunigen, die Humifikation einzuleiten. Aber alles das ist Grobarbeit gegenüber den Feinvorgängen, auf die es letzten Endes ankommt. Es ist so, wie wenn Elefanten Taschenuhren zusammensetzen wollten. Sie schaufeln nur die Zahnrädchen und Federn und Unruhen zuhauf — und die Uhrmacher dazu. Diese gehören dem Edaphon an und können unter der einseitigen Ausnutzung, die der Acker- und Gartenbau dem Boden zumutet, nicht richtig gedeihen. Wohl gönnt man, wenn die Erschöpfung merkbar wird, ihnen die Brache. Und jeder versteht nun auch, warum die Brache der Fruchtbarkeit nützt. Sie ist eben eine Pause, während deren der Boden wieder natürlicher werden darf; das Edaphon vermehrt sich während der Brache, wie die Untersuchungen nachgewiesen haben.[28]) Wohl bringt man mit der Stalldüngung und dem Kompost auch immer wieder kleine Bodenarbeiter herein.

Aber, erstens gibt es nicht so viel Stalldünger, wie die deutsche Landwirtschaft brauchte.

Zweitens ist der Stalldünger keineswegs die vollkommene Edaphonkultur, wie sie der Boden braucht, sondern nur ein urprimitiv zurechtgemachter, annähernder Stoff von Urvaters Zeiten her.

Und endlich und allerwichtigst: auch der ideale Stalldünger entbehrt einer Reihe wichtiger „Mitarbeiter" für den Bodenhaushalt.

Hier sind Möglichkeiten zur Ernteverbesserung, hier kann die

Forschung einsetzen, hier hat sie anzugreifen — und hier hat sie auch eingesetzt.

Es ist gelungen, Methoden zu finden, um den Boden immer wieder mit passendem Edaphon aufzufrischen, ihm neben der Kunstdüngung mit ihren Salzen und ihrem Stickstoff auch die notwendige Humifikation — um die Sache in einem Wort zu sagen — zu sichern. Durch diese Methoden sind bei feldbaumäßigem Anbau in der Praxis mit den verschiedensten Kulturpflanzen bei minimalen Kosten Ertragssteigerungen von 30—50 Prozent erreicht worden.[29]) Diese Methoden sind in Ausarbeitung. Wie jede große Sache, bedarf auch diese tausendfältiger Erfahrung und Erprobung und langjähriger Versuche nach allen Richtungen hin. An dem Prinzip aber ist nicht mehr zu zweifeln, daß es gelingen wird, die Tat Liebigs nochmals zu wiederholen und, auf seinem Wege weiterschreitend, durch richtig angewandte Bodenbiologie den heimischen Boden noch ertragsfähiger zu machen als er heute ist.

✳

So wächst, so entsteht die Ernte der Felder. Das ist die Geschichte des keimenden Getreidekornes, so ist das geheime Leben des Ackerbodens beschaffen, so wird aus Erde und Mist die Vorbedingung aller Kultur und Geistigkeit, das Notwendige, ohne das wir nicht leben könnten, das, worum die Menschheit seit ihrem ersten Tage betet und arbeitet: unser tägliches Brot.

Wenn der junge und unerfahrene Mensch hinaustritt ins Leben, so erscheint ihm das Können und Tun der Menschen überwältigend und in seiner maßlosen Verwicklung undurchschaubar und imponierend, wenn aber der erfahrene Mann zurückblickt auf den langen Weg derer, die vor ihm waren und arbeiteten, dann vereinfachen sich die Linien, und das Wesentliche ist eigentlich nur gering und leicht begreiflich. Viele Jahrtausende hindurch hat der Mensch im Ackerbau, in dieser Urbeschäftigung aller Beschäftigungen, das Richtige getan, ohne es zu wissen. Er hat den Boden zerkleinert, gelockert, durchlüftet. Und dann hat er ihn gedüngt in einer Weise, daß sich Humus bildete. So wie es heute noch der Patriarch am Sinai tut, so hat es auch schon der Urmensch der Pfahlbauzeiten getan, und nie wird man, so lange man ernten will, etwas anderes dem Wesen nach tun können. Denn man hat damit den Weg der Natur beschritten, ihr Gesetz erfüllt und im

großen das wiederholt, was ihre Geschöpfe im kleinen und feinsten gleichfalls tun. Was die Wissenschaft inzwischen geleistet hat, das war nur das Bewußtwerden unserer Handlungen; sie erklärt uns, *warum* wir so handeln mußten und nicht anders handeln können, wenn wir nicht Schaden erleiden wollen.

Zunächst hat sich dieser Vorgang des Bewußtwerdens und Erklärens auf die stofflichen Änderungen beschränkt, die im Boden vor sich gehen. Das war die Zeit der *Bodenchemie*, und sie führte zur Kunstdüngung. Dann hat man die Aufmerksamkeit den Erregern dieser chemischen Vorgänge zugewendet, und damit begann die *Bodenbiologie*, die jetzt ebenbürtig neben die Bodenchemie tritt und ihre neuen Methoden soeben ausarbeitet. Ihre ganze Lehre und Methode reduziert sich auf den einzigen Satz:

Verwirklicht die Naturgesetze des Bodens vollständig, dann erhaltet ihr ihn auch dauernd jung, gesund und fruchtbar!

Der Patriarch am Sinai tat also, zwar primitiv, aber doch das Richtige; auch der moderne Mensch kommt nicht über sein Gesetz hinaus. Aber in einem unterscheidet er sich dennoch; er versucht es nicht schlecht und recht zu verwirklichen, sondern auf das Bestmöglichste, nämlich optimal.

Das aber ist der Leitstern des Lebens von heute überhaupt. Es hat Zeiten gegeben, da der Mensch, im Innersten davon überzeugt, nur ein flüchtiger Gast auf dieser trüben Erde zu sein, das ganze irdische Dasein unterschätzt und mißachtet hat; er hat Perioden durchlebt, in denen er sich wieder wie ein allwissender Gott seiner Welt dünkte und allen Ernstes glaubte, er könne die Natur beherrschen, sich unterwerfen, und sein Aufstieg in zahllosen Entwicklungen sei grenzenlos. Jetzt aber dünkt es mich, als hebe eine Zeit an, da er sich bescheidet darauf: *ein Lebendiger unter vielen Lebendigen* zu sein mit dem Wissen, daß auch er nichts anderes könne, als sein Leben ganz und gar auszuspannen. *Mehr als optimal leben, kann auch der Mensch nicht!*

Wir leben in einer gedemütigten, kummervollen und entbehrungsreichen Zeit. Es ist auch an der Zeit, daß wir bescheiden werden. Die Generation vor uns versuchte das Weltall zu bezwingen und vermaß sich, die Welträtsel zu lösen. Wenn es unserem Geschlecht gelingt, die Ernten wieder um ein Drittel zu heben, dann hat es trotz aller seiner Sünden, für die Kultur und alle

Ewigkeit genug getan, denn es öffnete damit wieder der neuen Generation das Tor zu Licht, Lebensfreude, Entfaltung und Erfüllung.

Anmerkungen und Erläuterungen.

[1]) Zu S. 11. R. *Willstätter* und *Stoll* haben neuestens nachgewiesen, daß das Chlorophyll (Blattgrün) chemisch als ein Ester, also ein zusammengesetzter Äther aufzufassen sei, in dem, ganz im Gegensatz zu einer langgehegten Meinung, kein *Eisen*, wohl aber als unentbehrlicher Bestandteil Magnesium enthalten sei.

Es gibt nach diesen Forschern zweierlei Chlorophyll (A und B), deren Formeln jetzt endlich festgestellt sind und lauten:

Chlorophyll A = $[MgN_4C_{32}H_{30}O]\ CO_2CH_3 \cdot CO_2C_{20}H_{39}$,
Chlorophyll B = $[MgN_4C_{32}H_{28}O_2]\ CO_2CH_3 \cdot CO_2C_{20}H_{39}$,

Vgl. R. *Willstätter*, Untersuchungen über das Chlorophyll. (*Liebigs* Annalen 1906.)

[2]) Zu S. 11. Diesen für alles weitere höchst wichten Nachweis führte K. *Bittner* für Algen. Vgl. *Bittner*, Über Chlorophyllbildung im Finstern bei Kryptogamen. (Österreichische botanische Zeitschrift, Band LV.)

[3]) Zu S. 12. Die Formel, nach der sich die Assimilation vollzieht, lautet theoretisch:

$$6\ CO_2 + 5\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\ O_2.$$

[4]) Zu S. 14. Gesteine, die nach der Verwitterung Ackerboden bilden, sind vor allem der Granit, Gneis, Glimmerschiefer, aus denen die so wichtigen Silikate des Ackerbodens, die Feldspate und der Glimmer hervorgehen. Der Feldspat enthält Kieselsäure, Tonerde und Kali (Kalium, Aluminiumsilikat), der Glimmer außerdem Wasserstoff. Der Apatit enthält den für den Landwirt so wertvollen Phosphor. Die Sande bestehen vorwiegend aus Quarz als Kieselsäure (einem Oxyd des Siliziums), die imstande ist, in einen kolloidalen Zustand überzugehen. Wenn dies mit Aluminiumsilikaten geschieht, bleibt fester Ton zurück (ein fester Komplex von Tonerde, Kieselsäure und Wasser). Ton, Sand, Kalk sind die wesentlichsten mineralischen Bodenbestandteile; doch ist der Ton niemals frei von Eisenoxyden. Auch ist Magnesia stets reichlich vorhanden.

Ackerkrumebildend sind ferner natürlich auch die Sandsteine (Quarz), Schiefer, die Kalke, Gips, Mergel und die vulkanischen Gesteine (Melaphyr, Porphyr, Basalte, Laven, Tuffe, Aschen), die überaus rasch verwittern und die große Fruchtbarkeit vulkanischer Gegenden (Vesuv) erklärlich machen.

[5]) Zu S. 27. Besonders wichtige Leichentiere sind die Nematoden, die namentlich an der Zerlösung von menschlichen Leichen sehr eifrig

mitarbeiten (Pelodera, Rhabditis u. a.). Neuere Forschungen ergaben, daß sich die einzelnen Tierformen dabei fast gesetzmäßig in einzelnen Gruppen ablösen, entsprechend den Zersetzungsphasen. Der Rhythmus scheint hierbei der folgende zu sein: Als erste melden sich Fliegen (Musca domestica, Curtoneura stabulans, Calliphora vomitoria), Anthomyaarten, die ungeheure Mengen von Eiern legen. Dann erst folgen Lucilia und Sarcophaga, von denen schon Linné schrieb, daß eine Leiche von drei Fliegen ebenso schnell aufgezehrt werde wie von einem Löwen. Käferarten dieses Stadiums sind Rhizophagus und Philontus ebeninus.

Dann kommen mit eintretender Buttersäuregärung des Fettes Käfer und Motten, vor allem Dermestes lardarius und die Raupen der Gattung Aglossa, die sich an allen Mumien finden.

Die Käsegärung der Eiweißstoffe zieht die Käsefliegen: Pyophila cases, P. petasianis, Anthomyidenlarven, Käfer (Necrobia u. a.) herbei.

Dann folgt die ammoniakalische Gärung, wobei viel Flüssigkeit entsteht und der Körper schwarz wird. Das ist die Zeit, in der sich die Phorafliegen an der Zerlösung beteiligen. Nun dringen auch die Totengräber und Aaskäfer (Necrophorus, Silpha, Hister) in die Gräber ein. In Gräbern, die etwa zwei Jahre alt sind, finden sich Myriaden solcher Larven und Tiere.

Die letzten Reste von Flüssigkeit vor der Mumifizierung holen sich die Milben (Gamasiden, Sarcoptiden, Tyroglyphus siro u. a.). An den trockenen Leichenresten sind noch die Pelzmotte (Tinea pellionella und T. biselliella) und der Museumskäfer Anthrenus museorum in Mengen tätig.

Nach drei Jahren etwa beschließen noch Käfer (Tenebrio obscurus, Ptinus brunneus) den Reigen.

Leichen, die in Särgen bestattet sind, werden von den gleichen Tieren verzehrt, wenn diese auch in geringerer Anzahl vorhanden sind. Calliphora, Curtoneura, Phora erreichen alle Kadaver.

Vgl. P. Mégnin, La faune de tombeaux. Paris 1888 — La faune des cadavres. Paris 1895. 8°. — L. Freund, Zoologie und Kriminalistik. (Lotos Band 67/68.) Prag 1919/1920.

[6]) Zu S. 28. Vgl. Ch. Darwin, The formation of vegetable mould through the action of worms, 1881 (auch deutsch), und V. Hensen in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1882. Auch C. Bretscher, Zur Biologie der Regenwürmer. Biologisches Zentralblatt 1900.

[7]) Zu S. 29. Vgl. Arbeiten aus dem Biologischen Institut München Nr. 4 R. v. Aichberger, Untersuchungen über die Ernährung des Regenwurmes. (Auch erschienen: Kleinwelt. Zeitschrift der deutschen mikrol. Gesellschaft 1914.)

[8]) Zu S. 30. Vgl. E. Wollny, Forschungen aus dem Gebiet der Agrikulturphysik, Band 13; auch Méhmed Djemil. Untersuchungen über den Einfluß der Regenwürmer auf die Entwicklung der Pflanzen, Halle 1896.

[9]) Zu S. 34. Die maßgeblichen Unterscheidungen hierüber stammen von P. E. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen, Berlin 1887.

[10]) Zu S. 36. Vgl. F. Falger, Die erste Besiedlung der Gesteine. (Arbeiten aus dem Biologischen Institut, München Nr. 3.) Auch erschienen: Kleinwelt 1914.

[11]) Zu S. 39. K. Haushofer (Journal für praktische Chemie) zeigte, daß von tausend Teilen pulverisiertem Granit in chemisch reinem Wasser 0,062 Teile gelöst wurden. In kohlensäurehaltigem Wasser dagegen 0,172 Teile, also fast dreimal so viel. Andere Untersuchungen ergaben, daß kohlensäurehaltiges Wasser von Basalt 18mal, von Lehm doppelt so viel löst.

[12]) Zu S. 44. Das Rezept einer solchen Nährlösung lautet: In einem Liter destillierten Wasser löst man ein Gramm salpetersaures Kali (KNO_3), je ein halbes Gramm Gips ($CaSO_4$), schwefelsaures Magnesia ($MgSO_4$) und phosphorsauren Kalk ($Ca[PO_4]_2$) und mische dann noch ein paar Tropfen Eisenchloridlösung dazu. In einer solchen öfters erneuerten Lösung kann man ganz ohne Erde aus einem angekeimten Getreidekorn eine vollständige Getreidepflanze großziehen.

[13]) Zu S. 46. Wer über diesen Zusammenhang zwischen den Gesetzen der Welt und der Lebensführung nach Klärung sucht, den verweise ich auf meine Werke: R. Francé, Die Wage des Lebens. Ein Buch der Rechenschaft. 2. Auflage, Prien. (Anthropos-Verlag) 1922 und Bios, Die Gesetze der Welt. Zwei Bände. München (F. Hanfstaengl) 1921.

[14]) Zu S. 48. Als Kunstdünger bezeichnet man gegenwärtig vier Kategorien von chemischen Präparaten, von denen die wichtigsten sind der Chilesalpeter (jetzt inländischer Natronsalpeter), das schwefelsaure Ammoniak, der Kalkstickstoff, das salpetersaure Ammoniak, ferner die Superphosphate, Thomasschlacke, die kalkhaltigen Dünger, wie Kainit, das 40prozentige Kalisalz, schließlich auch Ätzkalk.

[15]) Zu S. 50. Diese Kolloidchemie des Ackerbodens ist von dem Holländer Van Bemmelen begründet worden (s. näheres in H. Leiser, Die Welt der Kolloide 1914, 8°), der auch nachwies, daß Ton Kolloideigenschaften besitzt. Vgl. auch W. Thaer, Der Einfluß von Kalk und Humus, 1910.

[16]) Zu S. 50. Diese Verhinderung der Auswaschung der löslich gewordenen Mineralstoffe gilt aber nur für den milden, gar gewordenen Humus (also Mull) voll reichem Bodenleben, nicht aber für Rohhumus, in dem die Auswaschung beschleunigt stattfindet, weshalb da der Boden arm wird und verhärtet. Deshalb sind die Rohhumusbildungen vom Förster und Landwirt mit Recht gefürchtet. Auch übermäßige und fortgesetzte künstliche Düngung führt durch das Mißverhältnis zwischen natürlichem Humus und den Mineralstoffen zu Nachteilen. Vielfach wird dann die Krümelung gehindert. (Vgl. E. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe

und die Humusbildungen mit Rücksicht auf die Bodenkultur, Heidelberg 1897, S. 294.) Salpeterdüngung macht den Boden leicht zu dicht, Kalidünger verursachen nachträglich gerne Dichtschlämmen. Es treten dann bei künstlichen Düngungen leicht die auch von Wollny bis zu 120 kg Stickstoff pro Hektar errechneten Stickstoffverluste durch Auswaschung ein.

[17]) Zu S. 52. Gemeint ist hier ein erst gelegentlich beschrittener Weg, die Rentabilität der Grundstücke dadurch zu steigern, daß man sie auf optimale Eignung hin bonitieren läßt. Eine bodenchemische und namentlich eine edaphologische Analyse wird Anhaltspunkte ergeben, ob Zuckerrüben-, Garten-, Weizen-, Korn- und Kartoffelböden, Wiesen usw. als solche auch am besten ausgewertet sind, oder nicht besser in andere Kategorien vorrücken könnten. Die gegenwärtige Bestimmung hierüber wird nur annähernd, aus reiner Praxis heraus vollzogen, ist durchaus unvollkommen und man kann, namentlich bei großen Gütern, wie Erfahrung ergeben hat, die Erträgnisse um 10 Prozent und mehr steigern.

[18]) Zu S. 56. Die gesamten Kenntnisse auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie sind zusammengefaßt in dem monumentalen Werk von F. Loehnis, Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie Berlin 1910, 8° (907 S.). Für praktische Zwecke genügt Migula, Bakterienkunde für Landwirte, 8°.

[19]) Zu S. 56. In dem sehr reichen Bakterienflor des Ackerbodens sind die wichtigsten Spaltpilzformen die Gattungen Azotobacter, Clostridium und Nitrosomonas, die Nitrate bereiten. Der kräftigste Ammoniakbildner, der die pflanzlichen und tierischen Eiweißstoffe (Kaseïn, Fibrin, Gelatin, Glutin, Legumin, Myosin, Pepton, Asparagin, Seroalbumin, Leucin, Tyrosin, Kreatin u. a.) zersetzt, scheint Bacillus mycoides zu sein. Als freie Stickstoffsammler betätigen sich außer den erwähnten Knöllchenbakterien (Rhizobium = Bacillus radicicola) namentlich Azotobacter Chroococcum (der aber vielleicht eine Alge ist) und Radiobacter, von denen eine Azotobacterkolonie in 20 Tagen nicht weniger als 125 Milligramm Luftstickstoff umsetzt. Denitrifizierende, also der Landwirtschaft schädliche Spaltpilze sind Bacterium denitrificans, das Nitrite zersetzt. Bacterium Stutzeri verwandelt Nitrate in Nitrite, ebenso B. pyocyaneum. Wichtig sind auch Bacterium agreste, Bac. Ellenbachensis, Streptothrix odorifera.

Der Vorgang der Nitrifikation, den diese Organismen bewirken, ist stets eine Sauerstoffbildung, die das Eiweiß angreift, wobei Kohlensäure, Schwefelsäure und Wasser entstehen und Ammoniak übrigbleibt. Ammoniak wird dann zu salpetriger Säure nach folgender Formel oxydiert: NH_3 (Ammoniak) $+ O_3 = HNO_2$ (salpetrige Säure) $+ H_2O$. Der weitere Vorgang ist $HNO_2 + O = HNO_3$ (Salpetersäure), wobei eine intensive Erwärmung eintritt. Im Dünger entstehen dadurch Temperaturen bis zu 72° C. Im mit Stalldünger beschickten Boden ist die Erwärmung freilich nur gering und übersteigt nicht 0,1—0,4° C.

Mit den genannten Formen ist allerdings die Spaltpilzflora des Bodens noch keineswegs erschöpft.

[20]) Zu S. 57. Das folgende fußt auf meiner Arbeit: Das Edaphon. Untersuchungen zur Ökologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen, Zweite Auflage, Stuttgart 1921 (Franckh'scher Verlag). Auf diesem Werk, das auch die gesamte bodenbiologische Literatur zusammenfaßt, baut sich die Gesamtarbeit der Untersuchungen auf, die aus dem unter meiner Leitung stehenden Biologischen Institut München hervorgingen.

Es sind dies folgende sechs Arbeiten aus dem Biologischen Institut München von 1912—1917:

Nr. 2: R. Francé, Das Edaphon (s. oben).

Nr. 3: Dr. F. Falger, Die erste Besiedlung der Gesteine. (Erschienen in Kleinwelt. Zeitschrift der Deutschen mikrol. Gesellschaft 1914.)

Nr. 4: A. Himmer, Die Rhizopodenfauna des Schwarzsees in Tirol. (Zeitschrift der Deutschen mikrol. Gesellschaft 1914.)

Nr. 5: R. v. Aichberger, Untersuchungen über die Ernährung des Regenwurmes. (Zeitschrift der Deutschen mikrol. Gesellschaft 1914.)

Nr. 6: C. Küstner, Neue Bacillariaceen aus dem Edaphon. (Zeitschrift der Deutschen mikrol. Gesellschaft 1915.)

Nr. 7: R. Francé und C. Küstner, Untersuchungen über tropisches Edaphon. (Zeitschrift der Deutschen mikrol. Gesellschaft 1914.)

[21]) Zu S. 58. Vgl. A. Razzauti, Contributo allo studio dell' Edafon. Pisa 1913.

[22]) Zu S. 60. Zu dieser Grünalgenflora der Ackerböden gehören außer den schon genannten Zystokokken, einer der gemeinsten aller edaphischen Kleinpflanzen, von den Desmidiazeen besonders Vertreter der Gattungen Mesotaenium, Desmidium, Euastrum, Pleurotaenium, Calocylindrus, dann von Chlorophyzeen merkwürdigerweise auch Chlamydomonaden, Gloeococcus und Gloeocystis, Scenedesmus, Raphidium, als „Leitformen", dann ferner die fädigen Ulothrix und Microspora. Von Siphoneen (übrigens schon altbekannt) die Gattungen Vaucheria und Botrydium.

[23]) Zu S. 60. Bouilhac, Giustiniani u. a., ebenso B. Frank in Berlin, haben nachgewiesen, daß die edaphischen Algen sowohl für die Ammonassimilation im Boden in Betracht kommen, wie namentlich für die Stickstoffbindung so enorm wichtig sind, daß Dehérain und Demoussy z. B. in den obersten Schichten des Ackerbodens eine 20fach höhere Stickstoffbindung durch Grünalgen fanden, als in 25 cm Tiefe durch Bodenbakterien. Vgl. Comptes Rendus 1888, 1900, ferner Landwirtschaftliche Jahrbücher 1892; auch Stoklasa im Zentralblatt für Bakteriologie 1900.

[24]) Zu S. 61. Vgl. hierzu die Arbeit von Ternetz in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1904.

[25]) Zu S. 64. Vgl. Löhnis, Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit 1914, 8°. Von diesen Mengen entfallen etwa im Hektar Erde 400—500 kg auf Bakterien, 400—500 kg auf Bodenalgen, Pilze und Kleintiere, bis 1000 kg auf die Regenwürmer. Die Zahl der Bodenbakterien ist dabei ungeheuer. Nach dem Schweizer Landwirtschaftlichen Zentralblatt von 1901 leben im Gramm Erde in einem Dezimeter Tiefe:

in Gartenerde	4,3	Millionen lebendige Keime
in Wiesenerde	3,8—16	Millionen lebendige Keime
in Ackererde	9,5	Millionen lebendige Keime
in Walderde	1,1—33,4	Millionen lebendige Keime

[26]) Zu S. 65. Diese Beweglichkeit, vorhanden bei Kieselalgen, Oszillatorien und Desmidiazeen, Rhizopoden, Flagellaten, Ziliaten, fast allen Bodenbakterien, bei sämtlichen Fäulnisbakterien, ist namentlich bei den edaphischen Kieselalgen erstaunlich.

[27]) Zu S. 66. Vgl. G. Chr. Ehrenberg, Mikrogeologie, 1°, Berlin 1854. Mit großem Atlas; über städtische Staubanalysen s. E. Nestler, Städtische Anlagen und Stadtluft 1905; auch mein Hauptwerk über das Edaphon mit vielen Angaben, S. 87—89.

[28]) Zu S. 68. Es werden durch das Brachliegen, namentlich in milden Humusböden, von selbst erhebliche Stickstoffmengen aus der Luft festgelegt, die neue Ernten ermöglichen. Nach Wagner (vgl. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft 1907) 30 kg pro Hektar und Jahr. In warmen Klimaten noch mehr. Dadurch ist z. B. in Griechenland Getreidebau auf die Dauer ohne Düngung nur durch Einschalten von Brachweiden möglich, desgleichen in Indien.

Im besonderen stellt die Brache das Optimum der Bodenfeuchtigkeit (bei 60—80 Prozent der Wasserkapazität) her, ferner eine fast vollkommene Gare mit allen ihren guten Wirkungen: Rohhumus verwandelt sich in Mull, die Bodenkolloide werden günstig beeinflußt, die Kohlensäureproduktion nimmt zu. Die Stickstoffassimilation ist besonders lebhaft.

Dagegen stellt andauernd bestellter schwerer Boden seine „Tätigkeit" trotz aller Düngung ein; das wird nur durch die leider vielfach aufgegebene Brache behoben, die daher Caron (Landwirtschaftliche Versuchsstation 1895) in ihrer Wirkung auf schwere Böden direkt einen Ersatz für Gründüngung nennt.

[29]) Zu S. 69. Im Vegetationsjahre 1921 angestellte Versuche mit einem nach den dargelegten Prinzipien annähernd hergestellten Material hatten in fränkischen Sandböden bei Gemüsepflanzen (Rote Rüben, Möhren) Gewichtssteigerungen von 40—60%, bei Zuckerrüben Gewichtssteigerungen von 21—24%, in Oberösterreich bei feldbaumäßigem Anbau von Gerste Erträgnissteigerungen von 40 bis 100 Prozent, bei Gemüse (Weißkraut, Tomaten, Radieschen) solche quantitative und qualitative Steigerungen zur Folge, daß

mit dem Versuchsmaterial sofort auf den Gartenbauausstellungen zu Linz, St. Pölten und Wien Preise erzielt wurden. Anfragen hierüber bin ich gern bereit zu beantworten.

Aus der landwirtschaftlichen Praxis lagen entsprechende Erfahrungen bei der Düngung von Wiesen, Obstgärten, Gemüse und Getreidefeldern vor. Eine eingehende wissenschaftliche Publikation ist in Vorbereitung.

Sachregister.

---

* = Abbildung.

Satzung

§ 1. Die Gesellschaft Kosmos (eine freie Vereinigung der Naturfreunde auf geschäftlicher Grundlage) will in erster Linie die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten.

§ 2. Dieses Ziel sucht die Gesellschaft zu erreichen: durch die Herausgabe eines den Mitgliedern **kostenlos** zur Verfügung gestellten naturwissenschaftlichen Handweisers (§ 5) durch Herausgabe neuer, von hervorragenden Autoren verfaßter, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts, die sie ihren Mitgliedern **unentgeltlich** oder **zu einem besonders billigen Preise** zugänglich macht, usw.

§ 3. Die Gründer der Gesellschaft bilden den geschäftsführenden Ausschuß, den Vorstand usw.

§ 4. **Mitglied kann jeder werden,** der sich zu einem Vierteljahresbeitrag von etwa M 10.50 (Verleger-Teuerungszuschlag vorbehalten) verpflichtet. Andere Verpflichtungen und Rechte, als in dieser Satzung angegeben sind, erwachsen den Mitgliedern nicht. Der Eintritt kann **jederzeit** erfolgen; bereits Erschienenes wird nachgeliefert. Der Austritt ist gegebenenfalls bis 1. Oktober des Jahres anzuzeigen, womit alle weiteren Ansprüche an die Gesellschaft erlöschen.

§ 5. Siehe vorige Seite.

§ 6. Die Geschäftsstelle befindet sich bei der **Franckh'schen Verlagshandlung, Stuttgart,** Pfizerstraße 5. Alle Zuschriften, Sendungen und Zahlungen (vgl. § 5) sind, soweit sie nicht durch eine Buchhandlung Erledigung finden konnten, dahin zu richten.

Volkstümliche, auf wissenschaftl. Grundlage aufgebaute Werke über Botanik u. Biologie!



R. H. Francé

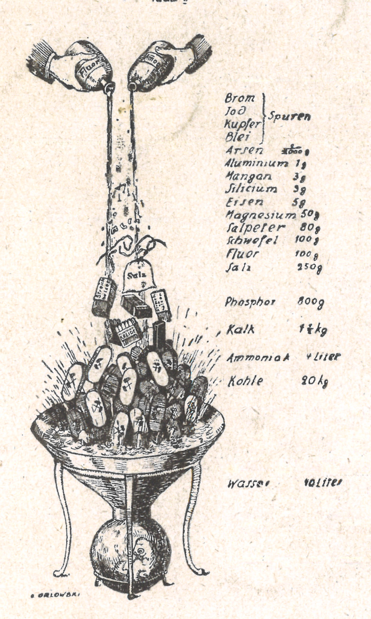
Das Leben der Pflanze

Mit zahlreichen Abbildungen im Text, Faksimiles, Karten und Tafeln in Schwarz- und Farbendruck.

8 Bände mit durchschnittlich 600 Seiten Text

Ein gleichwertiges Gegenstück zu Brehms Tierleben, umfassend das gesamte heutige Wissen von der Botanik.

Preis jeden Bandes gebunden M 165.—.



Dr. Fritz Kahn

Das Leben des Menschen

Eine volkstümliche Anatomie, Biologie, Physiologie u. Entwicklungsgeschichte des Menschen.

Mit etwa 80 schwarzen und farbigen Tafeln und 650 Abbildungen im Text.

4 Bände zu je 10 Lieferungen
Preis der Lieferung M 9.60

Das erste allgemeinverständliche und umfassende Werk über unser Gesamtwissen vom Menschen.

Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart.